



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



FACHHOCHSCHULE AACHEN
Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik

Untersuchung des Parameterraums einer Concurrent-Engineering-Studie

Bachelorarbeit

am
Institut für Raumfahrtsysteme

vorgelegt von
cand.-B.Eng. Florian Ruhhammer
(Matrikel-Nr.: 321742)

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Blome

Bremen, September 2011

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellenachweis versehen. Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Bremen, im September 2011

Vorwort

Diese Bachelorarbeit wurde im DLR-Institut für Raumfahrtssysteme in Bremen durchgeführt. Für die stets ausgezeichnete Betreuung und das außerordentlich angenehme Arbeitsumfeld möchte ich mich bei der gesamten Abteilung Systemanalyse Raumsegment und in besonderer Weise bei Herrn Dipl.-Ing. Dominik Quantius bedanken.

Ebenso gilt mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Blome für die Möglichkeit, diese Bachelorarbeit anzufertigen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Gestaltung des Gesamtsystems einer Raumfahrtmission	3
2.1.1	Projektphasen	3
2.1.2	Der Traditionelle Entwurfsprozess	4
2.2	Simultan-Entwurfsprozess	5
2.2.1	Entstehung	5
2.2.2	Definition	5
2.2.3	Arbeitsprinzip des SE	5
2.2.4	Vorteile von dem SE	5
2.3	Die CEF DLR-Bremen	7
2.3.1	Beschreibung des Datenmodells	7
2.4	Andere Concurrent Engineering Facilities	11
2.5	Die Subsysteme des Raumfahrzeugs	11
2.5.1	Instrumente	13
2.5.2	Datenverarbeitungssystem	13
2.5.3	Kommunikationssystem	14
2.5.4	Energieversorgungssystem	15
2.5.5	Thermalsystem	16
2.5.6	Lage-und Bahnregelungssystem	16
2.5.7	Konfiguration	17
2.5.8	Struktur inklusive Mechanismen	17
2.5.9	Antriebssystem	18
3	SolmeX Studie	19
3.1	SolmeX	19
3.2	Wissenschaftlicher Hintergrund	19
3.3	System	20
3.3.1	Missionsanforderungen	20
3.3.2	Systemanforderungen	20
3.4	Subsysteme	21
3.4.1	Missionsanalyse	21
3.4.2	Instrumente	22
3.4.3	Datenverarbeitung	22
3.4.4	Kommunikationssystem	22
3.4.5	Energieversorgungssystem	24

3.4.6	Thermalsystem	24
3.4.7	Lage-und Bahnregelungssystem	25
3.4.8	Konfiguration	25
3.4.9	Struktur inklusive Mechanismen	25
3.4.10	Antriebssystem	26
4	SolmeX-Parameter	27
4.1	Input	27
4.1.1	Missionsanalyse	27
4.1.2	Instrumente	28
4.1.3	Datenverarbeitung	28
4.1.4	Kommunikation	28
4.1.5	Energieversorgungssystem	28
4.1.6	Thermalsystem	29
4.1.7	Lage-und Bahnregelungssystem	29
4.1.8	Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration	29
4.1.9	Antriebssystem	29
4.2	Output	32
4.2.1	Masse	32
4.2.2	Energieversorgung	37
4.2.3	Temperatur	37
4.2.4	Abmessungen	37
4.3	Genutzte Parameter	37
4.4	Ungenutzte Parameter	38
5	SolmeX-Parameter Extern	39
5.1	Definition der externen Parameter	39
5.2	Die Parameter	40
5.3	Erstellung der Tabelle	40
6	Graphentheorie	43
6.1	Einflüsse und Abhängigkeiten	43
6.2	Von Einflüssen und Abhängigkeiten zu den Graphen	43
6.3	Grundbegriffe	44
6.4	Bäume	44
6.5	Adjazenzmatrix	45
6.6	Suchalgorithmen in Graphen	46
6.6.1	Tiefensuche	46
6.6.2	Breitensuche	47
6.6.3	Tiefe der Breitensuche	47
7	Relationen	49
7.1	Bestimmung der Relationen	49
7.2	Aufbau der Adjazenzmatrix	51
7.3	Die Algorithmen	51

8	Auswertung	58
8.1	Die Einflüsse	58
8.1.1	Die Parameter Einflüsse	58
8.1.2	Die Kanten Einflüsse	59
8.1.3	Zusammenhang des Ergebnisses der Einflüsse der Parameter auf Parameter und Kanten	59
8.2	Die Abhängigkeiten	62
8.2.1	Die Parameter Abhängigkeiten	62
8.2.2	Die Kanten Abhängigkeiten	63
8.2.3	Zusammenhang des Ergebnisses der Abhängigkeit der Parame- ter von Parametern und Kanten	63
8.3	Der E/A Faktor	67
8.4	Beispiel der Auswertung anhand der Startmasse	68
8.4.1	Zusammenhang des Gesamtergebnisses	68
8.4.2	Vergleich mit dem „Kleine-Welt-Phänomen“	70
9	Zusammenfassung	71
9.1	Ausblick	72
	Literatur	73
A	Anhang	78
A.1	IDM-Datenblätter	78
A.2	Die Tabellen	82
A.3	Auswertung	127

Nomenklatur

Symbole

A	Abdeckung/Kontaktzeit
A	Fläche
A_p	projizierte Fläche
a	große Halbachse
α	Absorbtionskoeffizient
B	Bandbreite
B_s	Befehlssatz
b	Breite
b	kleine Halbachse
b_v	Betriebsdauerverhältniss
C	Kapazität
C	Signalstärke
C_L	Drallkapazität
c	Lichtgeschwindigkeit
d	Discharge
ΔT	Temperaturstabilität
Δv	Geschwindigkeitsbedarf
Δx	Thermische Ausdehnung
E	Ecke
E	exzentrische Anomalie
E_A	Energiedichte
E_α	Einfallswinkel
E_b	Energie pro Bit
e	Exzentrizität

η	Wirkungsgrad
F	Fläche
F	Füllfaktor
F	Kraft
F	Triebwerksschub
F_{max}	Oberfläche max
F_p	Projizierte Fläche
f	Frequenz
f_{Linse}	Brennweite
G	Gravitationskonstante
G	Gütezahl
G_A	Antennengewinn
g_0	Erdbeschleunigung
g_b	Sichtfeld
γ	Elevation
H_R	Drehimpuls
h	Entfernung zur Bodenstation
h	Höhe
h_{ct}	thermische Kontaktleitfähigkeit
I_{max}	Stromfluss Max
I_{sc}	Kurzschlußstrom
I_{sp}	spezifischer Impuls
i	Bahnneigung
K	Kante
K	Knoten
K_s	Startkosten
k	Boltzmann Konstante
L_v	Verluste
l	Länge
λ	Off Ground Track Angle
λ	Wellenlänge
λ_{max}	Off Ground Track Angle max
M	Drehmoment
M	mittlere Anomalie
M_e	Masse der Erde

M_{Grav}	Gravitationsmoment
M_s	Masse der Sonne
m	Masse
\dot{m}	Massenfluß
m_0	Startmasse
m_T	Treibstoffmasse
N	Normallenvektor
N	Rauschen
N_0	Rauschfaktor
n	Kanalanzahl
n_d	Nullpunktdrift
n_s	Schnittstelle
Ω	Rektaszension
ω	Argument des Perigäums
ω	Drehgeschwindigkeit
ω	Drehrate
P	Emissionsleistung
P	Kontaktpunkt
P	Leistungsanspruch max je Mod
$P_{\alpha\lambda}$	Absorptionsleistung
P_d	Entladungsleistung
P_0	Strahlungsdruck
P_v	Leistungsverluste
p	Betriebsdruck
\dot{Q}	Wärmestrom
$q(t)$	Lasten max dynamisch
$q(t)$	Lasten max statisch
R_{ct}	thermischer Widerstand
R_e	Radius der Erde
R_s	Radius der Sonne
\ddot{r}	Bahnstörung
r_s	Massenschwerpunkt
r_w	Random Walk
$\mathbf{r}(x,y,z)$	Positionsvektor
r	Radius
ρ	Dichte
ρ	Reflexionsvermögen

S	Solar Konstante
S	Solarestrahlenleistung
S_v	Strahlenbelastung max
T_f	Taktrate
T_m	Temperatur mittel
T_z	Taktzyklen
t	Missionsdauer
t	Programmausführzeit
t	Taktzykluszeit
t	Tiefe
t	Transferzeit
t	Zeit
t	Zyklenlebensdauer
t_b	Betriebsdauer
t_{Kl}	Kalenderlebensdauer
t_{Kl}	Kontaktzeit
2θ	Keulenbreite
U	Spannung max
$U_{Entnommen}$	Entladespannung
v	wahre Anomalie
V	Spannung
V	Volumen
v	Winkelgeschwindigkeit
W_f	EIRP@Boden
X	Datenmenge
X	Genauigkeit
X	Housekeeping Data
X	X-Koordinate
X_r	Datenrate
y	Y-Koordinate
z	Z-Koordinate

Akronyme

A	Abhängigkeit
AOCS	Attitude & Orbit Control Subsystem
AS	Antriebssystem
BOL	Begin of Life
CE	Concurrent Engineering
CEF	Concurrent Engineering Facility
ChroMe	Chromospheric Magnetism Explorer
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIP	Computerintegrierte Produktion
CS	Coronagraph Spacecraft
CUSP	Coronagraphic UV spectropolarimeter
DHS	Data Handling System
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DoD	Depth of Discharge
DSM	Design Structure Matrix
DVS	Datenverarbeitungssystem
E	Einfluss
EAF	„Einfluss zu Abhängigkeit“ Faktor
EAF_T	„Einfluss zu Abhängigkeit“ Faktor je Tiefe
EDB	Equipment Datenblatt
EIP	EUV imaging polarimeter
EIRP	Equivalent Isentropic Radiation Power
EOL	End of Life
EPS	Electrical Power Subsystem
ESA	European Space Agency
EUV	Extrem ultraviolet
EVS	Energieversorgungssystem
FT	Formeltabelle
HP	Hauptparameter
HPT	Hauptparametertabelle
ID	Input Datenblatt

IDA	Amerikanischen Institut für Verteidigungsanalysen
IDM	Integrated Design Module
IEM	Integriertes Entwurfs Modell
INS	Instrument
INT	Instrumente
IPC	Instruction per Cycle
IR	Infrarot
K	Knoten
K_G	Knoten Gesamt
K_T	Knoten je Tiefe
KS	Kommunikationssystem
LBS	Lage- und Bahnregelungssystem
LISA	Laser Interferometer Space Antenna
MDO	Multidisciplinary Design Module
MIPS	Millionen Instruktionen pro Sekunde
MLI	Multi-Layer-Insulations
MoS	Margin of Safety
MS	Microsoft
OD	Output Datenblatt
OS	Occulter Spacecraft
P	Parameter
P_G	Parameter Gesamt
P_T	Parameter je Tiefe
PS	Propulsion Subsystem
PT	Parametertabelle
RFZ	Raumfahrzeug
SARA	Systemanalyse Raumfahrtsegmente
SD	Service Daten
SE	Simultaner Entwicklungsprozess
SES	Simultane Entwicklungsprozess Studie
SIMD	Single instruction, multiple data
SIMK	Struktur und Mechanismen inklusive Konfiguration
SolmeX	Solar Magnetism Explorer
SPE	SolmeX Parameter Extern
SPI	SolmeX Parameter Intern

SPO	SolmeX Parameter Output
SS	Subsystem
SSD	Solid State Disk
SUSP	Scanning UV spectropolarimeter
T	Tiefen
T_G	Tiefen Gesamt
TCS	Thermal Control Subsystem
TE	Traditioneller Entwicklungsentwurf
TM	Teammitglied
TS	Thermalsubsystem
<i>TT&C</i>	Telecommand & Telemetry
TWTA	Travelling Wave Tube Amplifiers
UHF	Ultra High Frequency
UV	Ultraviolet
VBA	Visual Basic Application
VIRCOR	Visible light & IR Coronagraph

Kapitel 1

Einleitung

Am Institut für Raumfahrtssysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bremen wird seit 2009 die „Concurrent Engineering Facility“ (CEF) betrieben. Innerhalb dieser Umgebung wird der Ansatz des „Simultan-Entwurfprozesses“ umgesetzt. Zwischen dem 01. und dem 04. November fand in der CEF die „SolmeX-Studie“ statt. Innerhalb dieser Studie sollte für den geplanten SolmeX-Satelliten eine Machbarkeitsstudie für die Phase A/0 durchgeführt werden. Die 19 Teilnehmer der Studie hatten dabei die Aufgabe, durch direkte Zusammenarbeit Informationen bezüglich einzelner Komponenten und Parameter hinsichtlich der eigenen Subsysteme auszutauschen. Obwohl der „Simultan-Entwurfprozess“ bereits eigens auf eine starke Interaktion zwischen den Subsystemexperten abzielt, existieren weiterhin Lücken innerhalb des Informationsaustausches. Die „multidisziplinäre Designoptimierung auf Parameterbasis“ ist ein Lösungsansatz, der diese Lücken erkennen und möglichst schließen soll. Er basiert dabei auf der Einschränkung der Wertebereiche der gewählten Parameter, um dadurch eine Minimierung der Zielfunktion zu erreichen [14] [15] [17]. Diese Ansätze wurden hinsichtlich von konkreten Beispielen („STS External Fuel Tank [15]“) („Ariane-5 ECA [14]“) durchgeführt. Im Gegensatz dazu hat [16] einen Ansatz gewählt, bei dem zunächst das Gesamtsystem eines Raumfahrzeugs innerhalb eines Parametermodells (auch „Design Structure Matrix“ (DSM)) beschrieben werden soll. Dieser Ansatz hat als einer der ersten ein solch parametergestütztes Modell entworfen, welches aus 172 Parametern besteht, die durch 682 Verknüpfungen miteinander verbunden sind. Beide Ansätze haben als Ziel, zukünftige Studien beziehungsweise „Simultan-Entwurfprozesse“ noch effizienter durchführen zu können. Sie unterscheiden sich jedoch darin, dass [14] [15] [17] schon von vorgegebenen Parametern ausgehen, die dann durch noch zu entwickelnde Algorithmen optimiert werden sollen. Hingegen stellt [16] eine allgemeine Sammlung von Parametern zur Verfügung, ohne dabei einen konkreten Lösungsweg für das Modell zu entwerfen.

In der vorliegenden Arbeit wird dieser Ansatz aufgegriffen und auf die „SolmeX-Studie“ angewandt. Dadurch wird an einem konkreten Raumfahrzeug ein Parametermodell mit dem Ziel erarbeitet, für spätere Studien aus diesem speziellen Modell ein allgemeines Modell ableiten zu können. Dazu wird das Raumfahrzeug „SolmeX“ zunächst in Subsysteme und Komponenten aufgeteilt, die hinsichtlich ihrer Aufgaben und Anforderungen durch Parameter beschrieben werden sollen. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden dann die Einflüsse und die Abhängigkeiten der Parameter untereinander herausgearbeitet. Die Graphentheorie dient dabei als mathematisches Werkzeug

zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den Parametern. Die Entwicklung der genutzten Suchalgorithmen und die spätere Auswertung wird mit Hilfe von „Visual Basic Applications“ und der Software MS Excel durchgeführt.

Kapitel 2

Grundlagen

Im Kapitel Grundlagen wird das Gesamtsystem einer Raumfahrtmission und des damit verbundenen Raumfahrzeugs in knapper Form beschrieben. Ferner werden alle Subsysteme, die für das Raumfahrzeug SolmeX genutzt werden, ebenso in knapper Form beschrieben. Dabei wird zum klaren Verständnis der Vorgehensweise in den späteren Kapiteln auf die einzelnen Aufgaben der Subsysteme eingegangen. Des Weiteren wird ein Augenmerk auf die Entwurfsarten gelegt und deren Unterschiede herausgearbeitet.

2.1 Gestaltung des Gesamtsystems einer Raumfahrtmission

2.1.1 Projektphasen

Vor jeder Raumfahrtmission oder einem neuen Produkt steht eine Idee beziehungsweise eine Notwendigkeit. Diese kann sowohl einen wissenschaftlichen, einen kommerziellen oder zum Beispiel auch einen Nutzen für die Allgemeinheit darstellen [8]. Basierend auf dieser Idee und deren Konzepten werden die Aufgaben und Anforderungen an das Gesamtsystem definiert. Der weitere Entwurfsablauf bis hin zur Durchführung der Mission ist innerhalb der europäischen Raumfahrt (die NASA hat eine leicht andere Gliederung) an spezielle Phasen gekoppelt.

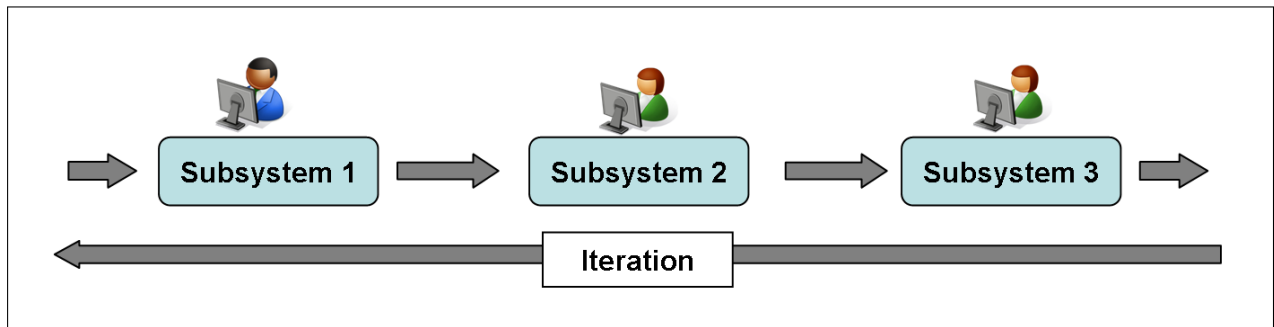


Abbildung 2.1: Klassischer Entwurfsprozess (Quelle: ESA)

Projektphaseneinteilung nach „ECSS-M-30A“

- Phase 0 Missionsanalyse
- Phase A Durchführbarkeit
- Phase B Definitionsphase
- Phase C Entwurfsphase
- Phase D Produktionsphase
- Phase E Betriebsphase
- Phase F Entsorgungsphase

Innerhalb dieser Arbeit werden lediglich die Phasen 0/A betrachtet.

2.1.2 Der Traditionelle Entwurfsprozess

Im traditionellen Entwurfsprozess (TE) eines neuen Produkts sind die einzelnen Entwurfsschritte linear fortlaufend und voneinander getrennt. Man spricht hierbei im Allgemeinen von dem „Über-den-Zaun“ [12] Entwurf. Bezogen auf den Entwurf eines neuen Raumfahrzeugs bedeutet dies, dass die jeweiligen Subsysteme nicht direkt miteinander oder mit dem Auftraggeber in Kontakt stehen. Vielmehr verläuft der Informationsaustausch entlang einer Kette und wird am Ende bei Bedarf an das jeweilige Subsystem wieder zurückgegeben (siehe Abb. 2.1). Zum Beginn einer Mission wird das jeweilige Subsystem bestimmt, welches am Einflussreichsten für den Missionsablauf erscheint. Dieses wird von dem jeweiligen Team bearbeitet und die dabei entstehenden Informationen werden an das nächst wichtige Subsystem weitergeleitet („von oben nach unten“ Entwurf [15]). So entsteht ein starrer Entwurfsprozess, bei dem die weniger wichtig eingestuften Subsysteme geringeren Einfluss auf den Entwurfsprozess des Gesamtsystems haben [11].

2.2 Simultan-Entwurfsprozess

2.2.1 Entstehung

In den späten 1970ern haben viele Firmen sowohl verstärkt in die Automatisierung von Produktionen als auch in die computerintegrierte Produktion (CIM) investiert. Der Begriff „Concurrent Engineering“ (CE) wurde das erste Mal 1986 vom „Amerikanischen Institut für Verteidigungsanalysen“ (IDA) verwendet. Die Methode des „Concurrent Engineering“ hat als erstes das amerikanische Verteidigungsministerium ausgearbeitet. Die Grundlage des Programms war die Zusammenarbeit verschiedener Systeme, zum Beispiel die Einbindung aller Subsysteme eines Raumfahrzeugs während der Entwurfsphase. Um diese Randbedingungen zu erfüllen, mussten sowohl technische als auch organisatorische Schnittstellen integriert werden. [13]

2.2.2 Definition

Die folgende Definition für den „Simultan-Entwurfsprozess“ (SE) wurde auf die SolmeX Studie angepasst:

Der SE ist ein systematischer Ansatz zum integrierten und simultanen Produktentwurf, der die Ansprüche des Kunden nachdrücklich mit einbezieht [20]. Es ist ein Teamprojekt, bei dem alle Subsystemexperten in einer multidisziplinären Arbeitsgruppe das Produkt herausarbeiten [21]. Der Ansatz integriert Teameigenschaften wie Zusammenarbeit, Vertrauen und Kommunikation, so dass Entscheidungsfindungen im gegenseitigen Einverständnis der Teammitglieder, unter paralleler Berücksichtigung aller notwendigen Punkte, vom Beginn des Entwurfprozesses getroffen werden [20]. Das Team hat als wichtigste Aufgabe eine Umgebung zu gestalten, in der potentielle Probleme, durch kreative und synergetische Ansätze, die von dem Team selbst erstellt werden können, einfach und schnell gelöst werden [21].

2.2.3 Arbeitsprinzip des SE

Ein SE dauert in der Regel zwischen ein und zwei Wochen und wird innerhalb einer eigens dafür entwickelten Umgebung (Abb. 2.2) durchgeführt. Im Allgemeinen wird der SE dann als SE-Studie bezeichnet. Innerhalb einer SE-Studie ist der Entwurfsprozess in mehrere Sitzungen aufgeteilt, an denen alle Teammitglieder teilnehmen müssen. Je Subsysteme ist ein Teammitglied verantwortlich, das auf seiner Subsystembasis als Experte agiert. In Ausnahmefällen können für einzelne Subsysteme auch zwei oder mehr Teammitglieder arbeiten. Vor dem Start der ersten Sitzung findet ein vorausgehender Entwurfsprozess statt, in dem jedes Teammitglied speziell für sein Subsystem einen Startpunkt erstellt, welcher dann als Grundlage für die erste Sitzung dient [22].

2.2.4 Vorteile von dem SE

Um die Vorteile des SE zu verstehen, müssen zunächst die Unterschiede zwischen dem TE und dem SE dargestellt werden.

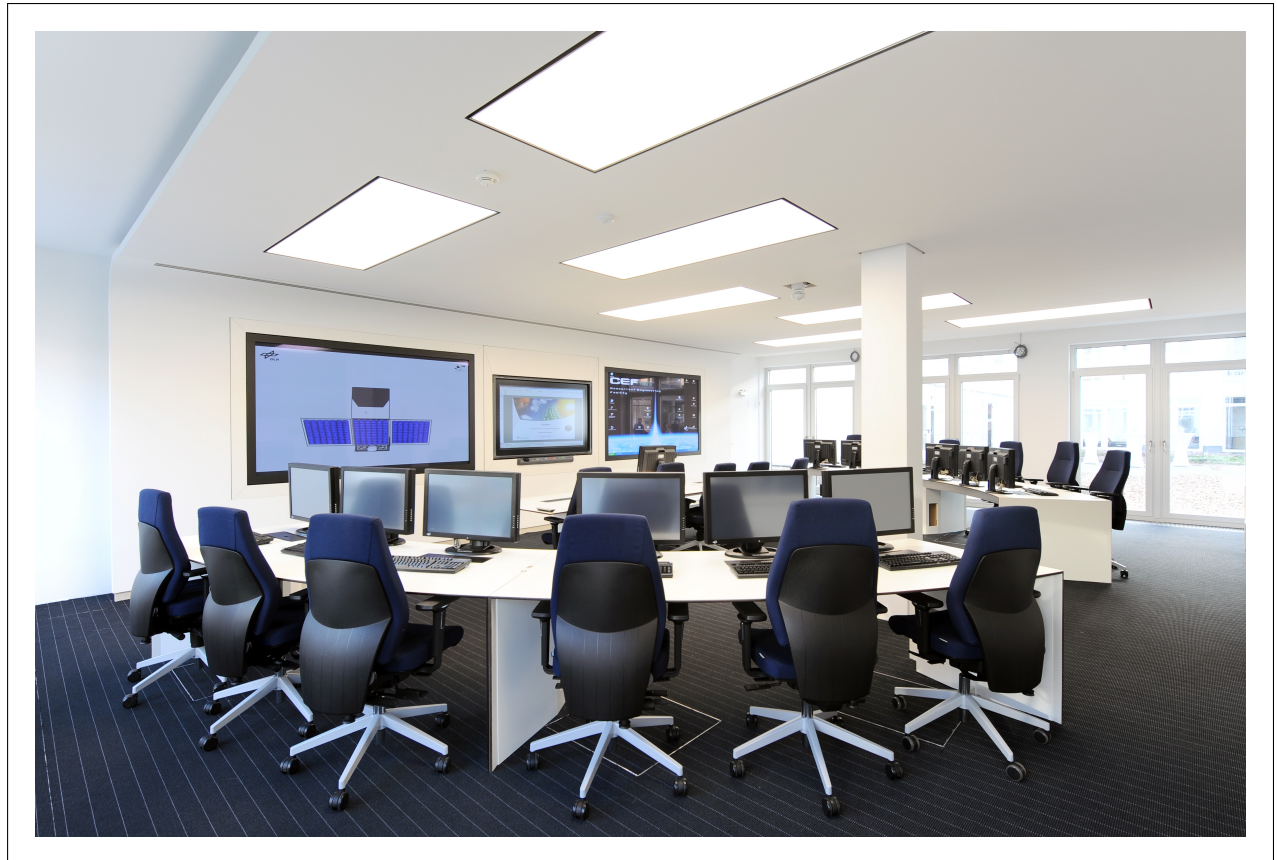


Abbildung 2.2: Concurrent Engineering Facility des DLR Bremen

Tabelle 2.1: Unterscheidung zwischen TE und SE [19]

Traditioneller Entwurfsprozess	Simultan-Entwurfsprozess
Funktionale Aufgabenverteilung	Multifunktionale Verteilung
Kunde als Gegner	Kunde als kooperierender Partner
Paralleles Arbeiten an verschiedenen Projekten	Konzentration auf ein Projekt
Produkt Modifikation	Output-Angepasste Produktentwurf

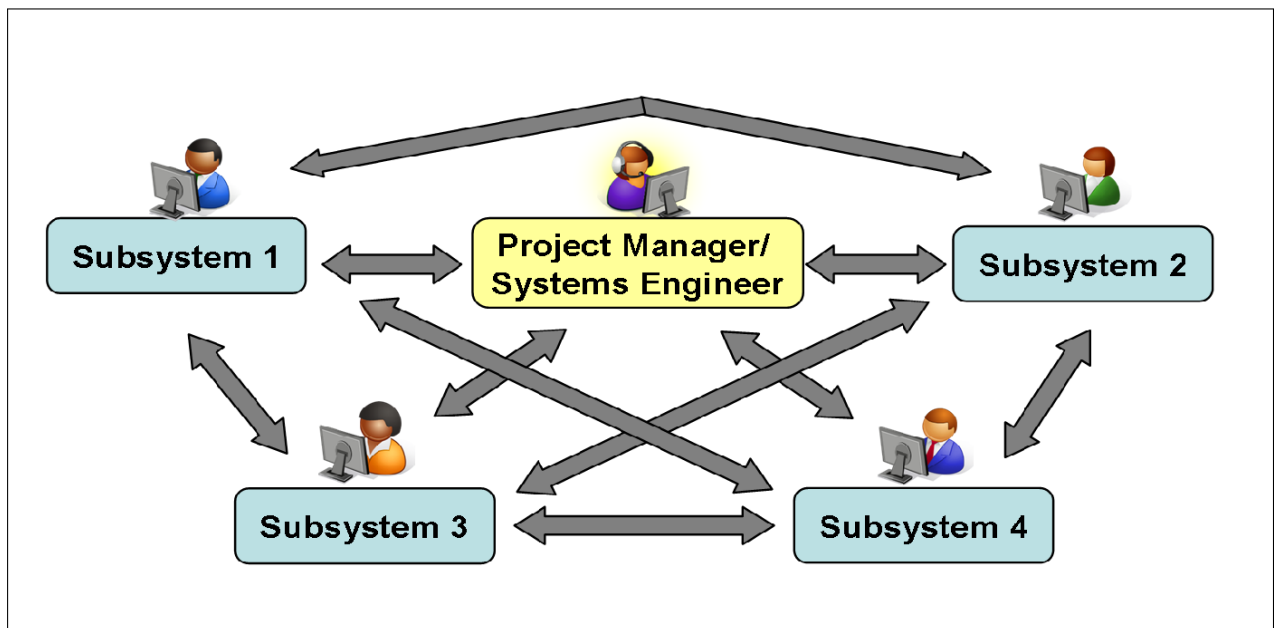


Abbildung 2.3: Simultan-Entwurfsprozess

In Tab. 2.1 zeigt sich, wie sich hinsichtlich des traditionellen Entwurfsprozesses (Abb. 2.1) die Grenzen zwischen den einzelnen Produktionsschritten aufheben. In Abb. 2.3 wird der Entwurfsprozess „ohne Zaun“ nochmals verdeutlicht.

Im Gegensatz zum traditionellen „Über den Zaun“ Entwurf, soll der SE sowohl die physischen als auch die organisationalen Blockaden der Kommunikation aufheben. Dadurch können Studien innerhalb von Tagen oder Wochen durchgeführt werden, anstatt sich über Monate oder Jahre hinzuziehen, wie es bei dem traditionellen Entwurfsprozess der Fall ist. [16] Neben der Zeitersparnis lassen sich somit auch die Kosten deutlich senken (siehe Abb. 2.4).

2.3 Die CEF DLR-Bremen

Das Institut für Raumfahrtssysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bremen verfügt als einziges DLR-Institut über eine SE Umgebung. Die „Concurrent Engineering Facility“ (CEF) steht unter der Leitung der Abteilung „Systemanalyse Raumsegment“ (SARA). Die CEF dient als Systemanalyse-Labor sowohl für DLR-interne als auch für externe Studien. Die Gesamtumgebung verfügt über drei Entwurfsräume und 21 Arbeitsstationen (siehe Abb. 2.5). Der Hauptraum der SE Umgebung verfügt über 12 Arbeitsstationen, die im Halbkreis um die drei großen Hauptbildschirme angeordnet sind. Jede Arbeitsstation kann auf den Hauptbildschirmen angezeigt und dadurch den anderen Teammitgliedern präsentiert werden (siehe Abb. 2.6).

2.3.1 Beschreibung des Datenmodells

Die Multimedia Umgebung innerhalb der CEF soll das Team mit allen notwendigen Software-Anwendungen unterstützen und eine Datenbank bereitstellen, in der das Team in Echtzeit Informationen austauschen kann. Der Informationsfluss zwischen

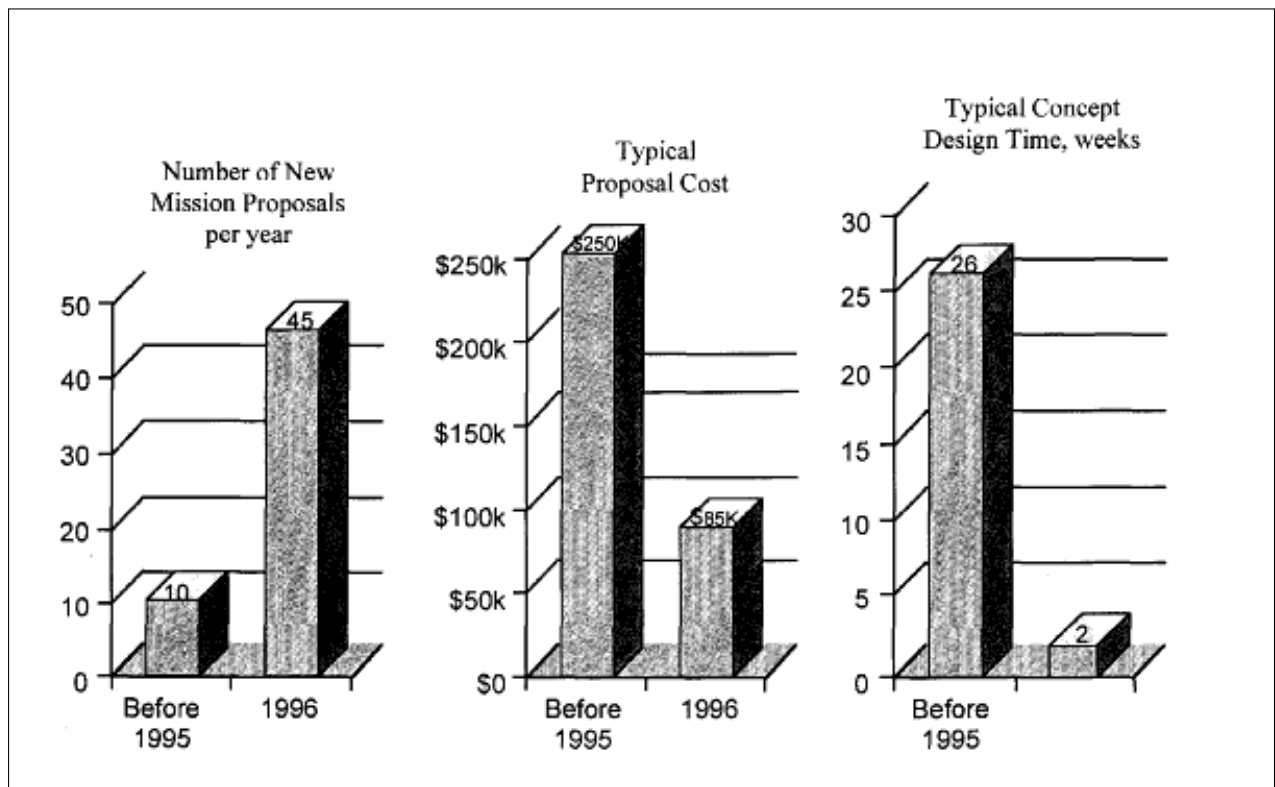


Abbildung 2.4: Vergleich von TE und SE als Jahresvergleich von vor 1995 (TE) und 1996 (SE) beim TeamX, NASA [19]

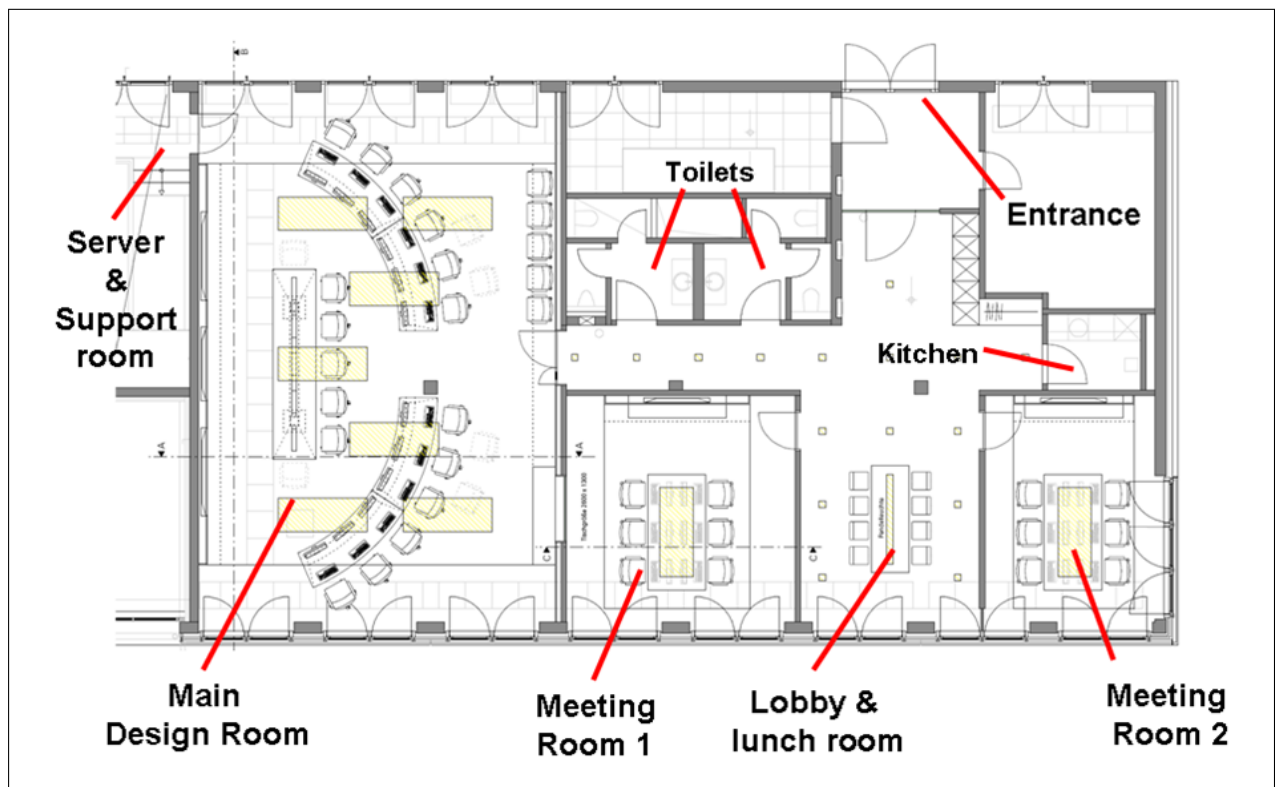


Abbildung 2.5: Grundriss der gesamten CEF des DLR Bremen (Quelle: DLR)

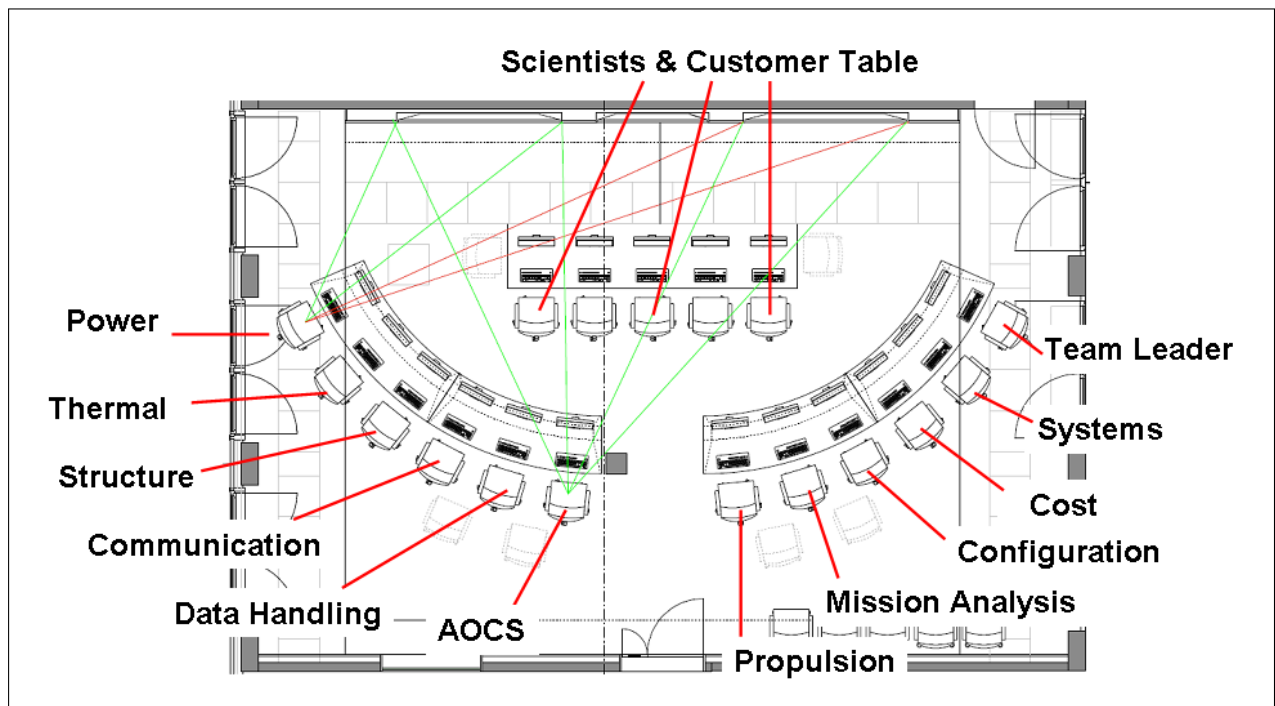


Abbildung 2.6: Grundriss vom Hauptraum der CEF des DLR Bremen (Quelle: DLR)

den Teammitgliedern wird dabei unter anderem durch miteinander verbundene Arbeitsblätter (Spreadsheets) ermöglicht. Jedes Subsystem verfügt darüber hinaus über ein integriertes Entwurfsmodell „IEM“ (auch als Integrated Design Model „IDM“ bezeichnet), welches über die Software MS Excel bereitgestellt wird.

Jedes Teammitglied arbeitet zunächst an seinem eigenen IDM. Es besteht dabei aus mindestens fünf Datenblättern, die für alle Subsysteme in der Grundstruktur gleich sind. In Abschnitt A.1 ist das komplette IDM für das Subsystem Antriebssystem dargestellt. Das Input Datenblatt (siehe Abb. A.3) importiert die nutzbaren Parameter der anderen Subsysteme. Das Output Datenblatt des Subsystems (siehe Abb. A.4) fasst die Daten aus Abb. 2.7 zusammen und leitet diese an die anderen Subsysteme weiter.

Im Equipment Datenblatt „EDB“ (auch als „Equipment Summary“ bezeichnet) (siehe Abb. 2.7) werden alle notwendigen Komponenten des jeweiligen Subsystems aufgelistet und deren Spezifikationen eingetragen [20]. Im Allgemeinen werden dort Massen- und Energieangaben, sowie Abmessungen und Temperaturgrenze der Komponenten vermerkt. Über das Eingabefeld „Maturity Level“ lässt sich die „Margin“ für die jeweilige Komponente bestimmen. Das Level reicht dabei von 5 % für „vollständig entwickelt“ (Fully developed) bis hin zu 20 % für „noch zu entwickeln (To be developed). Weiter lassen sich zum Beispiel für die Energieversorgung verschiedene Missionsmodi auswählen. Während der Transferzeit benötigen die wissenschaftlichen Instrumente beispielsweise keine vollständige Energieversorgung.

Jedes Subsystem hat des Weiteren die Möglichkeit dem IDM weitere Datenblätter hinzuzufügen, um eventuelle Berechnungen durchzuführen. Für die spätere Dokumentation wird dieser Vorgang empfohlen, damit bei einer folgenden Nachbearbeitung der Studie einzelne Schritte schneller nachvollzogen werden können.

Equipment Summary

Element 1 meX Coronagraph Spacecraft			MASS [kg]			
Unit	Unit Name <small>Click on button above to insert new unit</small>	Quantity	Mass per quantity excl. margin	Maturity Level	Margin	Total Mass incl. margin
1	CHT 10 Thruster	12	0,2	Fully developed	5	3,0
2	N2H4 Tank	1	29,6	To be developed	20	35,6
3	Helium Tank	1	1,1	To be developed	20	1,4
4	He pressuration	1	0,5	Fully developed	5	0,5
5	Heater	1	0,1	Fully developed	5	0,1
6	Valve	1	0,1	Fully developed	5	0,1
-	Click on button below to insert new unit		0,0	To be developed	20	0,0
SUBSYSTEM TOTAL		6	34,3		18,4	40,7

[Go to top](#)

Administration / NOTES / Inputs / **Outputs** / **Equipment Summary** / Components

Abbildung 2.7: IDM-Equipment Summary (Quelle: DLR)

Tabelle 2.2: Übersicht der SE-Umgebungen innerhalb des Raumfahrtsektors

Land	Stadt	Name	Dachverband	U/I/A
Frankreich	Cannes	CDF	TAS-F	Industrie
	Strasbourg	CDF	ISU University	Universität
	Toulouse	PASO	CNES	Agency
	Toulouse	SDO	EADS Astrium	Industrie
Deutschland	Bremen	CEF	DLR	Agency
	Friedrichshafen	SDO	EADS Astrium	Industrie
Italien	Rom	ISDEC	TAS-I	Industrie
	Rom	CEF	ASI	Agency
	Rom	CDF	La Sapienza	Universität
	Turin	COSE Centre	TAS-I	Industrie
Niederlande	Noordwijk	CDF	ESA	Agency
	Noordwijk	CDS	JAQAR	Industrie
Portugal	Lisbon	CDF	IST	Universität
Schweiz	Lausanne	CDF	EPFL	Universität
UK	Glasgow	CDF	Strathclyde University	Universität
	Stevenage	SDO	EADS Astrium	Industrie
	Southampton	CDF	Southampton University	Universität
	Harwell Institute	CDF	Oxford	Agency
USA	Pasadena	TEAM X	NASA/JPL	Agency
	Greenbelt	IDC	NASA	Agency
	Baltimore	ACE	John Hopkins University	Universität

2.4 Andere Concurrent Engineering Facilities

In den letzten zwei Jahrzehnten hat die Einbindung von Entwurfsoptimierungen („Multidisciplinary Design Optimization“) innerhalb der Industrie stark zugenommen [15]. Der Raumfahrtsektor hat dabei seine Konzentration verstärkt auf den SE gerichtet. Sowohl NASA, ESA, ESA-Mitglieder als auch private Firmen haben in diesen Ansatz investiert [16]. Tab. 2.2 zeigt die bekanntesten SE-Umgebungen im Raumfahrtsektor.

2.5 Die Subsysteme des Raumfahrzeugs

Der Grundaufbau eines unbemannten Raumfahrzeugs ist in der Regel immer gleich. Ein Satellit besteht aus mindestens zwei Komponenten: die Nutzlast und der Raumfahrzeugbus (oft nur als Bus bezeichnet). Die Nutzlast gibt in der Regel die Rahmenbedingungen für die Zusammenstellung des Raumfahrzeugbusses vor, welcher aus einer mechanischen Grundstruktur besteht, die als Träger für die weiteren Subsysteme gilt. Die grundlegenden Funktionen des Raumfahrzeugbusses sind:

- Unterstützung/Tragen der Nutzlastmasse
- Korrekte Nutzlastausrichtung
- Überprüfung und Regelung des Temperaturhaushalts
- Versorgung durch elektrische Energie
- Bereitstellung eines Kommunikationssystems
- Beförderung in den Orbit und Ausrichtung im Orbit
- Verarbeitung der Daten

Der Raumfahrzeugbus besteht dazu aus verschiedenen Subsystemen, die jeweils für eine dieser oder weitere Funktionen zuständig sind oder diese unterstützen können. Ein Subsystem ist eine Gruppe von Komponenten die eine Funktion innerhalb des Satellitenbusses ausführen. Je nach Missions- oder Raumfahrzeugtyp werden die notwendigen Anforderungen für jedes Subsystem angepasst. In der weiteren Beschreibung der Subsysteme soll daher nur auf allgemein gültige Aufgabenbereiche hingewiesen werden. Für detaillierte Angaben bezogen auf spezielle Anforderungen sei auf die einschlägige Literatur verwiesen. Innerhalb der SolmeX Mission werden nur ein Teil aller möglichen Subsysteme benötigt. So werden zum Beispiel keine Lebenserhaltungssysteme genutzt. Im folgendem Abschnitt und den weiteren Kapiteln werden daher auch nur die genutzten Subsysteme betrachtet. Dazu gehören:

- Instrumente
- Datenverarbeitungssystem
- Kommunikationssystem
- Energieversorgungssystem
- Thermalsystem
- Lage- und Bahnregelungssystem
- Konfiguration
- Struktur inklusive Mechanismen
- Antriebssystem

Diese Subsysteme werden im folgenden Abschnitt in derselben Reihenfolge wie im „Concurrent Engineering Study Report“ [24] genauer beschrieben. Dabei wird zunächst bewusst auf den Unterpunkt „Missionsanalyse“ verzichtet. Der Teilbereich „Missionsanalyse“ ist für die spätere Betrachtung des CE-Ablaufes (ab Kapitel 3) essentiell wichtig, jedoch kein Subsystem, welches mit Hardwarekomponenten zum Raumfahrzeug beiträgt.

2.5.1 Instrumente

Als Instrumente versteht man im Allgemeinen die Nutzlast, welche die Grundanforderung für die weiteren Subsysteme einer Mission vorgibt.

Der Satellit Planck¹ benötigt aufgrund der Instrument-Anforderungen ein sehr effizientes Thermalsystem.

Der Satellit LISA² (Laser Interferometer Space Antenna) der ESA/NASA benötigt hochpräzise Lageregelungssysteme.

Fernsehsatelliten hingegen benötigen eine sehr hohe Datenübertragungsrate und somit ein leistungsstarkes Kommunikationssystem.

2.5.2 Datenverarbeitungssystem

Das „Datenverarbeitungssystem“ (DVS, auch Data Handling System (DHS)) enthält die Gesamtheit an Funktionen um Information, Daten und Kommandos zwischen dem Raumfahrzeug und der Bodenstation auszutauschen. Es ist dabei zu beachten, dass das DVS für die Bereitstellung der Informationen, Daten und Kommandos sorgt und der eigentliche Austausch mit der Bodenstation über das Kommunikationssystem erfolgt, welches ein eigenständiges Subsystem ist und in Abschnitt 2.5.3 näher beschrieben wird. Die notwendigen Aufgaben eines DVS variieren je nach Missionsanforderung und Raumfahrzeugtyp und lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [6]:

¹<http://www.rssd.esa.int/index.php?project=planck>

²http://www.esa.int/esaSC/120376_index_0_m.html

- Überwachung des Zustands des Raumfahrzeugs, Kontrolle der Nutzlast und der Subsysteme und Sicherheitsüberprüfungen
- Empfang, Kontrolle, Dekodierung und Verteilung von Kommandos zwischen den einzelnen Subsystemen
- Sammlung, Verarbeitung, Formatierung, Speicherung und Weiterleitung der Service- und Nutzlastdaten an das Kommunikationssystem
- Empfang, Dekodierung, Verteilung und Ausführung von Telekommandos
- Eventuelle Speicherung von Telekommandos bei zeitlichen und/oder räumlichen Abhängigkeiten
- Durchführung von Datenkomprimierung
- Zeiterstellung für das Raumfahrzeug - benötigt zur Synchronisation
- Unterstützung der Datenspeicherung
- Ausführen von autonomen Entscheidungen

Das DVS ist direkt proportional zur Komplexität des Raumfahrzeugs [2]. Der Begriff „Service-Daten“ wird in der Fachliteratur als „Housekeeping-Data“ bezeichnet. Die Hauptdaten, die unter dem Begriff zusammengefasst werden können, sind unter anderem:

- Temperatur
- Druck
- Spannung und Strom
- Redundanzstatus
- Informationen zu mechanischen Arbeiten wie Separation und das Ausfalten von Solarpanelen

2.5.3 Kommunikationssystem

Das „Kommunikationssystem“ (KS, auch „Telemetry, Tracking and Command“ (TT&C)) sorgt für den Austausch (Senden und Empfangen) von Daten und Informationen zwischen dem Satelliten und der Bodenstation. Dabei wird zwischen Up- und Downlink unterschieden. Der Uplink, oder auch Kommando genannt, ist zuständig

für die Kommunikation zwischen der Bodenstation und dem Satelliten. Die Bodenstation sendet Kommandos an den Satelliten, welche diesem die Aufgaben vorgeben, die der Satellit zu gegebener Zeit ausführt. Der Satellit sendet zur Auswertung Telemetriedaten, welche Informationen über den Satelliten und Messungen enthalten, an die Bodenstation. Die Aufgaben eines KS lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [6],[9]:

- Verfolgung des Raumfahrzeugs
- Empfang und Weiterverarbeitung von Kommandos (Uplink)
- Weiterleitung der bearbeiteten Daten des Raumfahrzeugs und Senden an die Bodenstation (Downlink)
- Entfernungsmessung des Satelliten

2.5.4 Energieversorgungssystem

Das „Energieversorgungssystem“ (EVS, auch „Electrical Power Subsystem“ (EPS)) erzeugt, speichert und kontrolliert die notwendige Energie für das Raumfahrzeug. Das EVS kann sowohl aus mitgeführten Quellen (chemischen oder nuklearen Prozessen) als auch aus indirekten Quellen (Photovoltaik) Energie beziehen.

Die Effizienz des EVS sinkt mit zunehmender Missionsdauer, daher wird das EVS vor einer Mission für Hauptlast-Zustände, die gegen Ende der Mission auftreten, ausgelegt. Der Anfangszustand des EVS wird im Allgemeinen mit „Begin of Life“ (BOL) und der Endzustand mit „End of Life“ (EOL) bezeichnet. Des Weiteren muss bei der Auslegung des EVS beachtet werden, dass das Subsystem das Raumfahrzeug auch bei jeglichem Ausfallmodus mit der kleinsten notwendigen Energie autonom versorgt, da ansonsten der Totalverlust des Raumfahrzeugs droht[6]. Die Aufgaben eines EVS lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [6]:

- Versorgung des Raumfahrzeugs mit elektrischer Energie während der Mission
- Erzeugung, Speicherung, Regulierung und Weiterleitung der elektrischen Energie für alle Subsysteme für alle Missionsphasen
- Schützen der Nutzlast vor Spannungsüberschüssen
- Ein- und Ausschalten aller notwendigen Subsysteme nach Vorgabe der Kommandos

2.5.5 Thermalsystem

Die Aufgabe des „Thermalsystems“ (TS, auch „Thermal Control System“ (TCS)) bezieht sich auf die Kontrolle und Einhaltung der Temperatur für alle mechanischen, elektrischen und elektronischen Komponenten des Raumfahrzeugs. Dabei muss das TS in allen Missionsphasen die thermisch zulässigen Betriebsgrenzen für die jeweiligen Komponenten einhalten. Elektronische und mechanische Komponenten weisen die größte Effizienz und Zuverlässigkeit bei geringen Temperaturschwankungen auf. Jede Komponente des Raumfahrzeugs hat sowohl eine minimale Temperatur, die nicht unterschritten werden darf als auch eine maximale Temperatur, die nicht überschritten werden darf. Innerhalb dieser Grenze lassen sich noch zwei weitere Abstufungen definieren [2]:

- Operationelles Limit - dieses legt die Temperaturgrenzen innerhalb einer bestimmten Missionsphase fest.
- Überlebenslimit - dieses legt die Temperaturgrenze innerhalb der gesamten Missionsdauer fest.

Die Aufgaben eines TS lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- Aufnahme, Umwandlung, Speicherung und Abgabe von Wärme
- Garantie zur Einhaltung von maximalen und minimalen Temperaturgrenzen

2.5.6 Lage-und Bahnregelungssystem

Das „Lage- und Bahnregelungssystem“ (LBS, auch „Attitude and Orbit Control System“ (AOCS)) bestimmt und steuert die Ausrichtung eines Satelliten. Wenn der Satellit keine Orbitkorrektur benötigt, spricht man nur vom Lageregelungssystem. Die Aufgaben eines LBS lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen: [1], [2], [3],[4], [6],[10]:

- Messung und Bestimmung der aktuellen Lage
- Stabile Ausrichtung der anderen Subsysteme
- Neuausrichtung der Nutzlast bezüglich der Anforderungen
- Verfolgung von stationären Zielen, unter anderem StarTracking³

³Sternensensoren(Star Tracker) bestimmen die inertielle Lage durch Identifikation eines Sternenmusters [6].

2.5.7 Konfiguration

Jedes Subsystem hat andere Anforderungen bezüglich Strom- und Spannungsversorgung, thermischer Kontrolle oder auch Strukturbelastungen während der Startphase. Die Aufgabe der Konfiguration ist es, eine optimale Lösung von verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten zu finden. Bezogen auf die thermische Kontrolle achtet „Konfiguration“ darauf, dass ein Subsystem oder eine spezielle Komponente, die in einem stabilen Temperaturbereich reguliert werden muss, nicht neben einem Subsystem oder einer Komponente installiert wird, die einen hohen Temperatúraustausch aufweist. Die Aufgaben, die von Konfiguration optimiert werden sollen, lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [6], [7]:

- Anordnung der einzelnen Subsysteme in der Struktur
- Anordnung der Subsysteme und der Struktur mit Sicht auf die Startrakete
- Minimierung des Gesamtvolumens durch geeignete Anordnung der Komponenten innerhalb der Struktur
- Minimierung der Gesamtmasse des Raumfahrzeugs

2.5.8 Struktur inklusive Mechanismen

Die Struktur stellt die mechanische Verbindung zwischen den einzelnen Subsystemen und zwischen dem Raumfahrzeug und der Trägerrakete her. Dabei muss die Struktur alle auftretenden Lasten aufnehmen, die während aller Missionsphasen auftreten können. Innerhalb der Struktur wird zwischen Primär- und Sekundärstruktur unterschieden. Die Primärstruktur bestimmt die Festigkeit und Steifigkeit der Gesamtzelle des Raumfahrzeugs auf der die anderen Subsysteme montiert sind. In der Regel treten während der Startphase die größten Lasten auf, welche durch die Primärstruktur aufgenommen werden müssen. Die Sekundärstruktur unterstützt Verbindungen, Kabel und Leitungen, also Komponenten, die unterhalb von 5 kg liegen [2]. Mechanismen sorgen für die Separation von der Trägerrakete oder die Ausfaltung von Solarpanelen im Orbit. Die Struktur muss dabei nach der Ausfaltung noch eine ausreichende Steifigkeit aufweisen. Die Aufgaben, die vom Subsystem „Struktur und Mechanismen“ ausgeführt und erfüllt werden sollen, lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [6], [7]:

- Mechanische Unterstützung der einzelnen Subsysteme
- Verbindung zwischen Raumfahrzeug und Trägerrakete
- Aufnahme der Lasten während der gesamten Mission
- Material der Struktur muss von der Herstellung bis zum Ende der Mission für alle Umgebungen ausgelegt sein
- Zugänglichkeit bei der Integration
- Einhaltung von Sicherheitsfaktoren
- Ausfahren von Panelen, Antennen und Garantie der nötigen Steifigkeit

2.5.9 Antriebssystem

Das im Satelliten integrierte „Antriebssystem“ (AS, auch „Propulsion Subsystem“ (PS)), dient dazu, dem Satelliten den nötigen Schub für geforderte Manöver zur Verfügung zu stellen. Das Antriebssystem besteht sowohl aus Schubdüsen als auch aus Tanks, in denen der Treibstoff gelagert ist, sowie aus Ventilen und Verbindungsrohren. Zu den am häufigsten verwendeten Antriebssystemen gehören die elektrischen und die chemischen Antriebe. Dennoch sind auch alternative Antriebssysteme, wie zum Beispiel Sonnensegel nutzbar. Die Aufgaben eines AS lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen [1], [2], [3], [4], [6], [10]:

- Einschuss in die Transferbahn und/oder in den Zielorbit
- Lage- und Bahnregelung
- Kurskorrekturen
- Bremsmanöver

Dabei gilt es zu beachten, dass AS die notwendigen Schubdüsen und die dazugehörigen Tanks und Leitungen für das Antriebssystem für die Lage- und Bahnkorrekturen für LBS bestimmt.

Kapitel 3

SolmeX Studie

In diesem Kapitel wird die SolmeX-Mission und besonders die damit verbundene SolmeX-Studie im Detail vorgestellt. Hierzu werden von jedem Subsystem die Aufgaben und die damit innerhalb der Studie gewonnenen Ergebnisse beschrieben. Alle Informationen wurden dem „Concurrent Engineering Study Report“ [24] entnommen.

3.1 SolmeX

Die SE-Studie für SolmeX fand zwischen dem 1. und 4. November 2010 in der CEF des DLR Bremen statt. Für die Instrumente waren Mitglieder des *Max Planck Institutes für Solar System Forschung* aus Lindau vor Ort. Angestellte des DLR Bremen waren für die weiteren Subsysteme innerhalb der Studie zuständig.

3.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Die Struktur und die Dynamik der äußeren solaren Atmosphäre werden von dem solaren Magnetfeld dominiert. Das Hauptziel der SolmeX-Mission ist, von der oberen Chromosphäre bis zur äußeren Corona eine vollständige Messung des Magnetfeldes durchzuführen [24]. Die wissenschaftlichen Ziele sind eng verbunden mit zwei der vier Hauptfragen des „ESA-Cosmic Vision Plan“¹

- Wie funktioniert das Sonnensystem?
- Was sind die Gründe für das Entstehen von Planeten?

SolmeX soll hinsichtlich der Physik der Sonne und der Heliosphäre folgende Fragen beantworten:

¹http://www.esa.int/esaSC/SEMNNJ2IU7E_index_0.html

- Was bestimmt die magnetische Struktur der oberen Atmosphäre
- Was sind die Gründe für die zeitliche Änderung des Magnetfeldes

Damit diese Ziele erfüllt werden können, soll SolmeX mit insgesamt fünf Instrumenten (siehe Abschnitt 3.4.2) ausgestattet werden. Innerhalb der Studie war es die Aufgabe der Teammitglieder, unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. Für detailliertere Informationen hinsichtlich der wissenschaftlichen Aufgaben sei auf [24] verwiesen.

3.3 System

3.3.1 Missionsanforderungen

Zur Vorbereitung der SE-Studie wurden die folgenden Missionsanforderungen definiert [24]:

- Kontinuierliche Beobachtung der Sonne über Tage
- Die Missionskosten sollen unterhalb von € 470 Million liegen (Cosmic Vision M-Class)[29]
- Der Orbit muss für ein Formationsflug geeignet sein
- Soyuz Fregat soll als Trägerrakete genutzt werden (Cosmic Vision M-Class)[29]
- Die Sonnenscheibe soll während der Mission beobachtet werden

3.3.2 Systemanforderungen

Bezogen auf die Ausmaße der Satelliten-Subsysteme und unter Berücksichtigung der zu erfüllenden Missionsziele wurden unter anderem folgende Systemanforderungen getroffen [24]:

- Der Satellit soll auf eine Lebensdauer von drei Jahren mit der Option auf weitere drei Jahre ausgelegt sein
- Um die Beobachtung der Corona mit einer maximalen Effizienz zu garantieren, soll die Mission aus einem Coronagraphen und einem Occulter bestehen, die einen autonomen Formationsflug durchführen sollen
- Die Entfernung zwischen den beiden Raumfahrzeugen muss mindestens 100 m sein und dabei maximal um $\pm 5 \cdot 10^{-2} \%$ abweichen
- Die seitliche Abweichung zwischen den beiden Raumfahrzeugen darf maximal $\pm 5 \cdot 10^{-6} \%$ betragen
- Die Systemmasse muss unterhalb von 2.100 kg bleiben (Startkapazität der Soyuz Fregat)
- Der Entwurf soll auf „Technology Readiness Level“²(TRL) 5 oder höher basieren
- Die Instrumente müssen während der Beobachtungsphasen innerhalb der Temperaturgrenzen von 17°C und 23 °C liegen und dürfen dabei eine Abweichung von 0,1 °C nicht überschreiten

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der „SolmeX-Satellit“ aus zwei Raumfahrzeugen besteht. Das „Occulter Raumfahrzeug“ (OS, auch „Occulter Spacecraft“ (OS)) sorgt für den speziell vorgesehenen Schatten für die Instrumente, die auf dem „Coronagraph Raumfahrzeug“ (CR, auch „Coronagraph Spacecraft“ (CS)) installiert sind. Im weiteren Verlauf der Arbeit und insbesondere bei der Analyse der Parameter wird der „SolmeX-Satellit“ jedoch als ein einzelnes Raumfahrzeug behandelt. Diese Einschränkung hat auf das spätere Ergebniss nur eine geringe Auswirkung, da die Gesamtanzahl der Parameter gleich bleibt. Die Beschreibung des Gesamtsystems würde jedoch ungleich komplizierter werden, wenn man von zwei Systemen ausgeht.

3.4 Subsysteme

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Subsystementwicklung während der SE-Studie beschrieben. Weitere Informationen können direkt dem „Concurrent Engineering Study Report“ [24] entnommen werden.

3.4.1 Missionsanalyse

Für Sonnenbeobachtungssatelliten hat sich der Lagrange-Punkt L_1 bewährt. Bezogen auf die Anforderungen für die SolmeX-Mission wird angenommen, dass der Transfer

²<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=37710>

bis zum L_1 von der Oberstufe der Soyuz Fregat Rakete ausgeführt wird. Bahnkorrekturen und der Bahneinschuss sollen hingegen vom Antriebssystem des Raumfahrzeugs selbständig ausgeführt werden, hierfür wurde eine Δv von 65 m/s bestimmt. Sobald das Raumfahrzeug den finalen Orbit im L_1 erreicht hat, findet die Separation der beiden Raumfahrzeuge statt. Während der gesamten Missionszeit von sechs Jahren benötigt jedes der beiden Raumfahrzeuge ein Δv von 60 m/s für die Lageregelung.

3.4.2 Instrumente

SolmeX wird mit fünf Instrumenten ausgestattet, die sowohl die Sonnenscheibe als auch die Corona oberhalb der „Limb“³ beobachten sollen. Die beiden Instrumente „Coronagraphic UV spectropolarimeter“ (CUSP) und „visible light & IR coronagraph“ (VIRCOR) sind dafür verantwortlich „off-limb“⁴ zu beobachten. Hingegen werden die drei Instrumente „Scanning UV spectropolarimeter“ (SUSP), „EUV imaging polarimeter“ (EIP) und „Chromospheric Magnetism Explorer“ (ChroME) zur Beobachtung der Sonnenscheibe genutzt („on-disk“⁵). Abb. 3.1 zeigt eine detaillierte Darstellung der einzelnen Instrumente mit den jeweiligen Parametern, die während der Studie verwendet wurden.

3.4.3 Datenverarbeitung

Der Hauptrechner sollte bei OS und CS identisch sein, um die Produktentwicklung zu vereinfachen. Der Hauptteil der operativen Software ist ebenfalls auf OS und CS identisch. Lediglich die Software für die speziellen Nutzlastaufgaben unterscheiden sich. Der Computer basiert auf einer 32-Bit ARM Technik mit 40 MHz. Als Betriebssystem wurde FreeRTOS gewählt, da es über einen sehr leistungsstarken Rechenalgorithmus verfügt. Die daraus folgende Programmiersprache wäre ANSI C.

Die zu erwartende Nutzlastdatenmenge beträgt in etwa 19,57 GB pro Tag, welche per X-Band zur Bodenstation transferiert werden muss. Zusätzlich werden noch 5 % der 5,15 GB großen Datenmenge, die sich aus Service- und LBS-Daten zusammensetzen, zur Bodenstation via S-Band transferiert. Zur Datensicherung wird eine 22 GB große „Solid State Disk“ (SSD) benötigt. Der maximale Energieverbrauch des DVS liegt bei 100 Watt, während der Energieverbrauch im Standby-Modus lediglich 20 Watt beanschlagt. Die Abmaße des DVS werden in etwa 300x158x114 mm betragen. Die Gesamtmasse des doppelt redundanten Systems ergibt schlussendlich 12 kg. Die Temperaturgrenzen werden bei -30° C und +85° C liegen.

3.4.4 Kommunikationssystem

Das Kommunikationssystem ist in drei Komponenten unterteilt, die jeweils einen eigenen Kommunikationskanal mit einer eigenen Frequenz aufweisen:

³Bezeichnung des kreisförmigen Rands der beobachteten Sonnenscheibe

⁴Bezeichnung für die Beobachtungen außerhalb bzw. oberhalb des Sonnenrandes, des „limb“

⁵Zum Beispiel die Beobachtung von Sonnenflecken

	<i>off-limb</i>		<i>on-disk</i>		
instrument specifications	CUSP coronagraphic UV spectro- polarimeter	VIRCOR visible light & IR coronagraph	EIP EUV imaging polarimeter	SUSP Scanning UV spectro- polarimeter	ChroME Chromospheric Magnetism Explorer
spectral lines or band	Ly-a, b, g O IV (103 nm)	Fe XIII 1.07 nm vis: ~ 400 nm	Fe X (17.4 nm)	120nm–160 nm incl, Ly-a, C IV	Mg II (279 nm) Fe I (525 nm)
detector size: [pxl]	2x 1024 ² photon counting	IR: 1024 ² vis: 4096 ²	4096 ²	3x 2048 ² photon counting	Mg II: 2048 ² Fe I: 1024 ²
spatial resolution	5"	IR: 2.3"/pxl vis: 1.2"/pxl	0.5"/pxl	2"/spat.pxl	Mg: 0.15"/pxl Fe: 0.3"/pxl
field of view	slit: 10" x 0.4° raster: 0.4° x 0.4°	IR: 0.6° x 0.6° vis: 1.3° x 1.3°	0.6° x 0.6°	slit: 1", 2" x 300" raster: 300" x 300"	307" x 307"
Spectral resolution	6.6 pm per spectr. pxl	IR: 0.2 nm vis: broad band	0.4 nm FWHM band	6.6 pm per spectr. pxl	Mg: 5 pm Fe: 9 pm
polarimetric accuracy	10 ⁻² (linear)	10 ⁻⁴ (linear & circul.)	10 ⁻³ (linear)	10 ⁻³ (linear & circul.)	10 ⁻³ (linear & circul.)
exposure times	1 s – 7 h		10 s (n-p) 10 min (pol)	<1 s (n-p) 1s–3 min (pol)	5 s
data rate	150 kbit/s	300 kbit/s	550 kbit/s	300 kbit/s	700 kbit/s
aperture	25 x 30 cm ²	⊥ 20 cm	⊥ 28 cm	15 x 10 cm ²	⊥ 25 cm
dimension cm ³	180 x 60 x 30	180 x 50 x 25	100 x 30 x 30	160 x 50 x 40	150 x 45 x 50
mass	70 kg	60 kg	40 kg	68 kg	52 kg
power	30 W	50 W	50 W	25 W	55 W
absolute x-y pointing roll	5' 15'	2' 5'	0.5'	2' 1'	
x-y pointing stability roll	1" / 15 min 1' / 15 min	1" / 3 min 1' / 3 min	0.2" / 20 min	1" / 15 min 1' / 15 min	uses internal stabilization

Abbildung 3.1: SolmeX-Instrumente

- X-Band Downlink (bei 8,45 GHz) vom CS zur Erde
- S-Band Up-und Downlink (bei 2,2 GHz) von beiden Raumfahrzeugen von der Erde und zurück
- UHF zur Kommunikation zwischen dem CS und dem OS in beide Richtungen

Der X-Band Kanal kann die kontinuierlich produzierten 2 Mbit/s Nutzlastdaten innerhalb eines Erdtages bei einer Betriebsdauer von 33 % transferieren.

Eine steuerbare 0,3 m lange Antenne kompensiert die Winkelabweichung zwischen dem Satelliten und der Erde-Sonne-Linie und garantiert damit einen ständigen Downlink. Zwei redundante „Travelling Wave Tube Amplifiers“ (TWTA) mit 60 Watt Ausgangsleistung, unter Verwendung einer 35 m Antenne in New Norcia, garantieren eine ausreichende Kanal-Margin für die Nutzlastdaten. Ein herkömmliches und redundantes S-Band System mit einer omnidirekten Abdeckung sichert eine Ganzzeitverfolgung des Raumfahrzeugs. Das „Ultra High Frequency“ (UHF) System wird zur Kommunikation zwischen den beiden Satelliten genutzt. Das UHF System wurde so ausgewählt, damit keine Interferenzen mit den beiden anderen Komponenten entstehen. Die Komponenten für das CS haben eine Masse von 20,7 kg und die vom OS eine Masse von 9,7 kg.

3.4.5 Energieversorgungssystem

Während der SE-Studie wurde das Energieversorgungssystem anhand der vorher definierten Anforderungen ausgelegt. Diese beinhalten die Operationsmodi und die Bestimmung des schlimmst möglichen Falles (Worst Case Scenario) für das primäre als auch für das sekundäre Versorgungssystem. Das sekundäre EVS wurde für den Sicherheitsmodus entwickelt. In diesem müssen die Batterien dem Raumfahrzeug genug Energie zur Verfügung stellen, damit innerhalb von 30 Stunden eine Wiederherstellung des Raumfahrzeugs durchgeführt werden kann.

Als primäre EVS werden für beide Raumfahrzeuge Solargeneratoren verwendet. Beide EVS werden dabei für die Hauptlasten zum Ende hin der Mission dimensioniert. Für das CS entspricht dies 800 Watt bei einer Masse von 89,4 kg und für den OS sind es 370 Watt bei 64,9 kg.

3.4.6 Thermalsystem

Das Thermalsystem wird hauptsächlich aus passiven Komponenten bestehen. Im Fall der SolmeX-Mission werden dabei „Multi-Layer-Insulations“ (MLI) verwendet. Jedes Instrument wird dazu zusätzlich mit einem Heizelement ausgestattet, damit eine ständige Temperaturstabilität innerhalb der vorgesehenen Temperaturgrenzen eingehalten werden kann.

3.4.7 Lage-und Bahnregelungssystem

Aufgrund des Formationsflugs gehört das Lage-und Bahnregelungssystem zu den anspruchsvollsten Subsystemen für das SolmeX-Raumfahrzeug. Zum einen müssen auf beiden Raumfahrzeugen Sensoren und Antriebe für die Lageregelung installiert werden, zum anderen werden zusätzliche Sensoren zur Bestimmung der relativen Position der Raumfahrzeuge benötigt. Dabei wird das OS exakt hinsichtlich des Formationsflugs gesteuert und das CS wird dementsprechend nachgeregelt. Während des Wissenschaftsmodus sind beide Raumfahrzeuge 200 m voneinander getrennt, dabei muss die Mittelachse zwischen beiden Raumfahrzeugen direkt auf die Sonne zeigen und darf dabei in Längsrichtung nicht mehr als 10 cm abweichen. In Querrichtung muss die Genauigkeit innerhalb von 1 mm eingehalten werden. Die relative Positionierung der Raumfahrzeuge wird durch das OS realisiert. Dabei werden zwölf Kaltgas-Triebwerke genutzt, die ebenfalls zur Bahnkorrektur dienen. Rotationsmanöver um die Z-Achse werden durch Reaktionsräder unterstützt. Das OS verfügt über vier Reaktionsräder, die alle sieben Tage entladen werden müssen. Zum Entladen verwendet das OS seine sechs Hydrazin Triebwerke. Zur Lageregelung verwenden beide Raumfahrzeuge Sonnentracker und Gyroskope. Für das CS werden leistungsstarke Sonnentracker und Gyroskope benötigt. Da das OS niedrigere Anforderungen hat, können weniger präzise Komponenten verwendet werden, so dass Energie und Masse eingespart werden konnten. Für das OS werden insgesamt 80 kg an Kaltgas benötigt, um sowohl Bahn- als auch Lagekorrekturen durchzuführen. Für das CS werden lediglich 2,2 kg Hydrazin für Lagekorrekturen benötigt. Das LBS von SolmeX ist dem von der ESA geplanten Mission Proba-3 [32] ähnlich.

3.4.8 Konfiguration

Bestimmend für die Grundkonfiguration des Raumfahrzeugs ist der Adapterring der Trägerrakete. Für das SolmeX-Raumfahrzeug wurde daher eine Rohrform gewählt, die die Lastenverteilung unterstützt. Alle Subsysteme sind innerhalb der Rohrform integriert, nur die Schubdüsen für das Antriebssystem sowie die Lage- und Bahnregelung und die Radiatoren sind an der Außenfläche installiert. Antennen wurden während der SE-Studie noch nicht bei der Konfiguration berücksichtigt. Die Solarpanele des OS sind auf der Platte installiert, die in Richtung Sonne zeigt und für die Erzeugung des Schattens verantwortlich ist. Die Solarpanele des CS sind ausklappbar und befinden sich während der Startphase an der Seite des Raumfahrzeugs.

3.4.9 Struktur inklusive Mechanismen

Innerhalb der SE-Studie wurde ein detailliertes Strukturmodell für die SolmeX-Mission erstellt. Aufgrund der Röhrenform können Kosten reduziert werden. Ein Minimum an Masse lässt sich unter Verwendung von Verbundmaterialien realisieren. Die momentanen Dimensionen des Raumfahrzeugs beruhen auf ingenieurstechnischen Erfahrungen. Weitere Analysen müssen daher bezüglich der Festigkeit und Zuverlässigkeit noch durchgeführt werden.

3.4.10 Antriebssystem

Das Antriebssystem muss für den Apogäumseinschuss ein Δv von 65 m/s aufbringen. Dies wird von den zwölf Schubdüsen auf dem CS erbracht. Die 10 N-Schubdüsen werden während der Mission 123 kg Hydrazin verbrauchen. Nach der Separation von OS und CS werden diese zwölf Schubdüsen auch für die Bahnkorrekturen und die Entladung der Reaktionsräder genutzt. Das OS benötigt nur sechs der 10 N-Schubdüsen für seine Bahnkorrekturen und benutzt zwölf Mikroschubdüsen zur Lageregelung für den Formationsflug. Dafür benötigen die Mikroschubdüsen 80 kg Stickstoff. Die Gesamtmasse beider Antriebssysteme ist inklusive der Tanks etwa 360 kg.

Kapitel 4

SolmeX-Parameter

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise zur Entwicklung jedes Subsystems erläutert und die dazu genutzten und weitergegebenen Parameter beschrieben. In Abschnitt 4.1.9 wird für das Subsystem AS die Vorgehensweise zur Bestimmung der Komponenten exemplarisch dargestellt. Für eine Übersicht der Output Parameter der weiteren Subsysteme sei auf den „Concurrent Engineering Study Report“ [24] verwiesen. Das Gesamt Ergebnis der Hauptparameter (HP) wird in Abschnitt 4.2 dargestellt. Als Quelle dienen dabei die „Session-Reports“ sowie die IDMs der einzelnen Subsysteme. Es sei noch darauf hingewiesen, dass innerhalb dieser Arbeit die Bereiche „Kosten“ und „Risiken“ nicht analysiert und nicht in das Ergebniss mit einbezogen werden. Obwohl der „Simultan-Entwurfsprozess“ ein kostenbezogener Ansatz der Entwicklung ist, müssen bezüglich dem Umfang einer Bachelorarbeit die beiden Bereiche ausgelassen werden, was bezogen auf die spätere Analyse des Parameterraums keine signifikante Auswirkung hat.

4.1 Input

Als „SolmeX Parameter Input“ werden alle Parameter bezeichnet, die von jedem Subsystem in das IDM zum Austausch mit anderen Subsystemen eingetragen wurden. Neben den „SolmeX Parameter Input“ existieren noch die „SolmeX Parameter Extern“ (siehe Kapitel 5), diese werden ebenfalls für den Entwurfsprozess benötigt, werden allerdings selten bis gar nicht unter den Subsystemen ausgetauscht. Diese vernachlässigten Parameter sollen in Zukunft jedoch auch in den SE mit einbezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass der Begriff Input nicht mit dem Input-Datenblatt des IDM verwechselt wird. Es handelt sich hierbei um die Daten der Komponenten innerhalb des Equipment-Datenblattes des IDM.

4.1.1 Missionsanalyse

Als Randbedingung zur Bestimmung des optimalen Transferorbits sowie des sich daraus ergebenden Zielorbits wurden „Missionsanalyse“ folgende Punkte vorgegeben:

- Lagrangepunkt 1 (L1) als Zielorbit
- Minimierung des dazu notwendigen Δv

- Minimierung der Z-Auslenkung zur Optimierung des Kommunikationskanals

Ausgehend von diesen Punkten wurde mit Hilfe von „Matlab“ die Geometrie des Transfer- und Zielorbits angepasst und durch die Software „Satellite Tool Kit“ (STK) berechnet. Dabei musste eine Optimierung hinsichtlich der Parameter Z-Auslenkung und Δv getroffen werden, welche umgekehrt Proportional zueinander sind.

4.1.2 Instrumente

Innerhalb der Studie wurden die Daten der Instrumente als konstant angenommen und daher nicht neu entwickelt oder von anderen Subsystemen beeinflusst. Die Daten der einzelnen Instrumente stehen in Abbildung 3.1.

4.1.3 Datenverarbeitung

Das Datenverarbeitungssystem benötigt lediglich einen Grundparameter, der auf alle Missionen anwendbar ist. Dabei handelt es sich um die Datenmenge, die pro Sekunde produziert wird und verarbeitet werden muss. Dieser Parameter lässt sich dann für jede Missionen in zwei Grundparameter einteilen:

- Wissenschaftliche Nutzlastdaten pro Sekunde
- Service-Daten pro Sekunde

Als wissenschaftliche Nutzlastdaten bezeichnet man die von den Instrumenten aufgenommenen Daten vom zu untersuchenden Objekt. Die Service Daten (Housekeeping Data) fassen alle Daten zusammen, die von jedem Subsystem aufgenommen, verarbeitet oder weitergegeben werden, die jedoch keinen Inhalt über die wissenschaftlichen Daten enthalten. Temperaturbereich und Energieverbrauch sind nur einige der Beispiele, die als Information der Service-Daten weiter verarbeitet werden müssen.

4.1.4 Kommunikation

Als Hauptausgangspunkt für die Auslegung eines Kommunikationssubsystems gelten die Entfernung des Raumfahrzeugs zur Bodenstation und die zugehörige Übertragungsrate. Die Übertragungsrate ergibt sich aus dem zu sendenden Datenpaket je Kontaktzeit. Mit Hilfe der Rate und der Entfernung der Bodenstation lassen sich nun die weiteren Parameter des Subsystems bestimmen. Diese sind, bezogen auf die Hauptparameter des IDM, die Größe der Antenne, die daraus folgende Masse der Antenne, die Energieversorgung während der Kontaktzeit und Temperaturgrenzen für ein optimales Übertragungssignal.

4.1.5 Energieversorgungssystem

Das Energieversorgungssystem benötigt zur Bestimmung der Komponenten die „Energie Output Parameter“ der anderen Subsysteme sowie von Missionsanalyse Informationen über den Orbit zur Bestimmung der nutzbaren Energie für die Solarpaneele. Ausgehend von den Werten wird dann die Größe des Energieversorgungssystems und die daraus folgende Masse bestimmt.

4.1.6 Thermalsystem

Das Thermalsystem bestimmt die Komponenten anhand der geforderten maximalen und minimalen Temperaturgrenzen, die je nach Missionsmodus und Komponente von jedem Subsystem im Output-Sheet angegeben sind.

4.1.7 Lage-und Bahnregelungssystem

Die Instrumente geben mit der notwendigen Lagegenauigkeit und Missionsanalyse mit den benötigten Bahnkorrekturen die Ausgangsparameter für die Auslegung des LBS vor. Mit der zusätzlichen Information der Masse und der Abmessung des Raumfahrzeugs werden die Momente bestimmt, die das LBS leisten muss.

4.1.8 Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration

Das Subsystem „Struktur inklusive Mechanismen“ wird ab diesem Kapitel zusammen mit dem Subsystem „Konfiguration“ betrachtet und soll in den weiteren Kapiteln nur noch als „Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration“ (SIMK) bezeichnet werden. Es hat die Aufgabe, alle Abmessungsparameter jeglicher Komponenten aller Subsysteme zu sammeln und diese dann anhand der gegebenen Anforderungen bezüglich der maximalen Abmessungen für die Startrakete in einer optimalen Konfiguration anzuordnen und die dafür notwendige Struktur bereitzustellen.

4.1.9 Antriebssystem

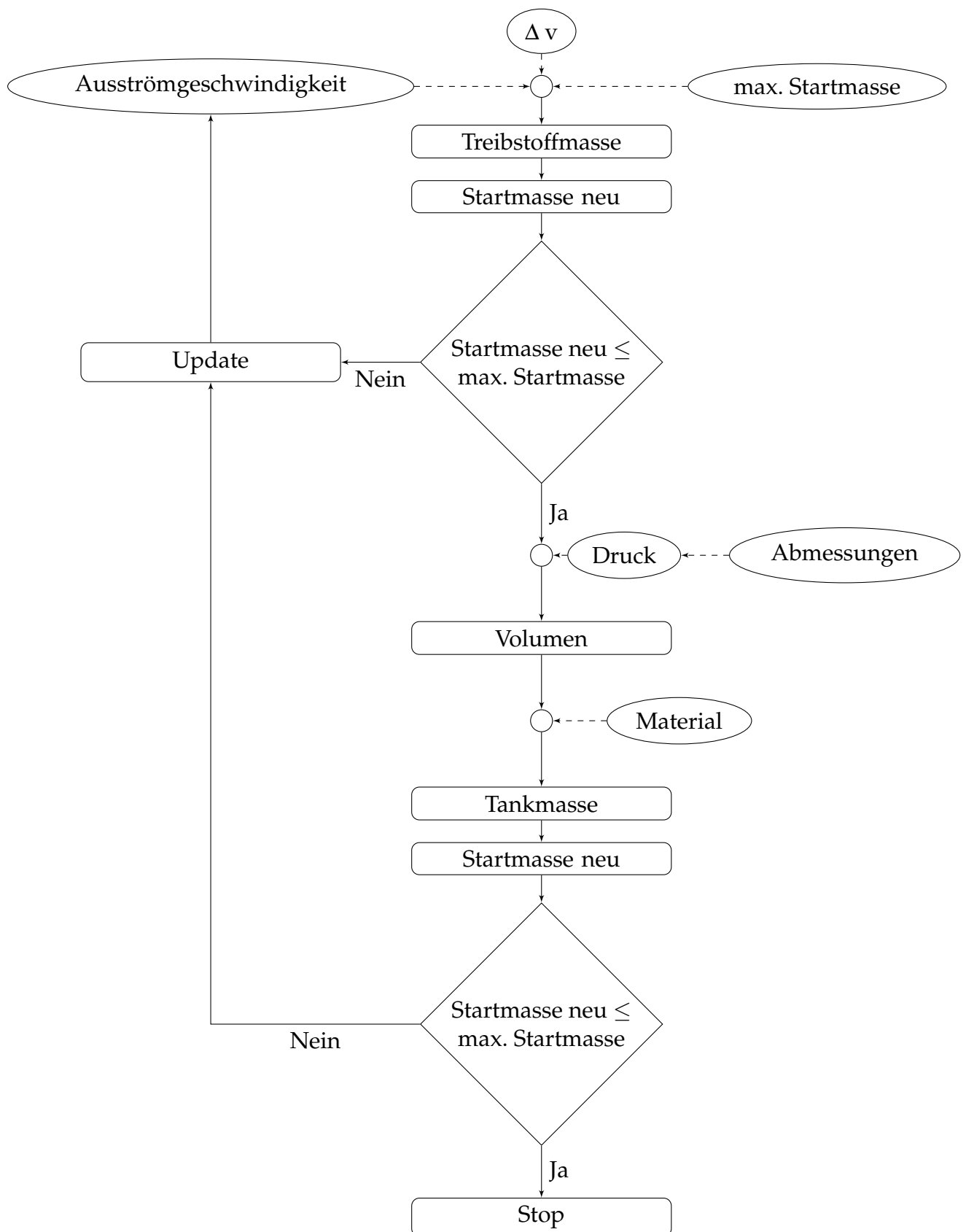
Der Entwurf eines Antriebssystems läuft in der Regel immer nach demselben Schema ab, bei dem lediglich der Startpunkt sowie der Endpunkt festgelegt werden muss. Für die SolmeX-Studie wurde dabei eine maximale Startmasse als Endpunkt und ein vordefiniertes Δv als Startpunkt definiert (siehe Abb. 4.1). Innerhalb anderer Studien oder Missionskonzepte können diese Start/Endpunkte variieren. Es wäre ebenso möglich eine minimale Transferzeit als Startwert zu definieren und ein beliebiges Δv erst noch zu bestimmen. Der Ablauf des Entwurfes würde jedoch auf denselben Gleichungen beruhen, welche lediglich angepasst werden müssten. Abb. 4.1 zeigt den Algorithmus, der während des Entwurfsprozesses durchlaufen wird, bis die aktuelle Masse des Raumfahrzeugs kleiner oder gleich der maximalen vorgegeben Startmasse des Raumfahrzeugs ist.

Ausgehend von der Ziolkowsky-Gleichung Gl. 4.1 wird die Gleichung für die Treibstoffmasse Gl. 4.2 aufgestellt:

$$\Delta v = c \cdot \ln\left(\frac{m_0}{m_0 - m_t}\right) \quad (4.1)$$

$$m_t = m_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{\Delta v}{c}\right)}\right) \quad (4.2)$$

$$c = I_{sp} \cdot g_0 \quad (4.3)$$

**Abbildung 4.1:** Algorithmus zur Bestimmung der AS Komponenten

Mit der Gleichung Gl. 4.3 für die Ausströmgeschwindigkeit (c) lässt sich die benötigte Treibstoffmasse (m_t) für die Mission aus den Parametern Startmasse (m_0), Geschwindigkeitsbedarf (Δv), dem spezifischen Impuls (I_{sp}) des Treibstoffs und der Erdbeschleunigung (g_0) bestimmen. Die benötigte Geschwindigkeit wird von Missionsanalyse vorgegeben (siehe Abschnitt 3.4.1). Die maximale Startmasse kann den Missionsanforderungen (siehe Abschnitt 3.3.1) entnommen werden. Somit fehlt zur Bestimmung der Treibstoffmasse (m_t) lediglich der spezifische Impuls, welcher ein treibstoffspezifischer Wert ist und je nach Treibstoffkonfiguration variiert. Nachdem die Treibstoffmasse bestimmt wurde, werden die zugehörigen Komponenten berechnet. Dabei werden zunächst die Treibstofftankabmessungen sowie die Masse des Treibstofftanks ermittelt:

$$m_{tank} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t \cdot \rho \quad (4.4)$$

$$t = \frac{p \cdot r}{2 \cdot \sigma} \cdot \frac{1}{10} \quad (4.5)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_{komp}}{4 \cdot \pi}} \quad (4.6)$$

Mit der Wandstärke (t) (Gl. 4.5) und dem Tankradius (r) (Gl. 4.6) folgt für die allgemeine Gleichung der Tankmasse (m_{tank}) (Gl. 4.4) die Gl. 4.7, die vom Volumen (V_{komp}) des Treibstoffs, des Drucks (p), der Dichte (ρ) des Materials und dessen Steifigkeit (σ) abhängt.

$$m_{Tank} = 4 \cdot \pi \cdot \frac{3 \cdot V_{komp}}{4 \cdot \pi} \cdot \rho \cdot \frac{p}{20} \quad (4.7)$$

Aus den maximal möglichen Abmessungen für den Treibstofftank, die aus den Daten der Trägerrakete herangezogen werden, kann der Druck bestimmt werden, bei dem das Volumen (V) des Treibstoffs auf das maximale Volumen für den Tank komprimiert wird. Es ist leicht ersichtlich, dass der maximale Durchmesser des Treibstofftanks kleiner dem maximalen Durchmesser der Nutzlastverkleidung der Trägerrakete sein muss. Somit lassen sich aus Gl. 4.7 mit den Grenzen der Maße der Trägerrakete und der Treibstoffmasse die Geometrie und die damit verbundene Masse des Tanks ermitteln. Die Materialeigenschaften sind dabei die einzig variablen Größen. Anschließend werden die beiden Massen addiert und mit den vorläufigen Massen (m_i) der anderen Subsysteme aufsummiert,

$$m_{0,neu} = m_{Tank} + m_t + \sum m_i \quad (4.8)$$

um dann zu prüfen, ob der neu berechnete Startmassenwert kleiner oder gleich der maximalen Startmasse ist:

$$m_{0,neu} \leq m_{0,max} \quad (4.9)$$

Wenn diese Aussage wahr ist, können im nächsten Schritt die Düsen, die Ventile usw. bestimmt werden. Sollte jedoch der neue Wert größer der maximalen Startmasse sein, so muss der Algorithmus erneut, dann allerdings mit veränderten Parametern, durchgeführt werden. Dabei wird darauf geachtet, dass maximal ein Parameter geändert wird. Neben dem Treibstoff also einer Änderung des spezifischen Impulses, kann auch die Geometrie des Tanks (statt einer Kugelform kann eine Zylinderform gewählt werden) oder der Innendruck des Tanks variiert werden. Im Idealfall führt die Schleife zu einer wahren Aussage der Prüfung.

Nach der Auswahl der weiteren Komponenten wird die Prüfung 4.9 modifiziert und die Massen aller Komponenten des AS werden zur Gesamtmasse addiert. Diese Schleife wird solange durchlaufen, bis folgende Aussage wahr ist:

$$m_{0,neu} \leq m_{0,max} \quad (4.10)$$

4.2 Output

Die Outputdaten jedes einzelnen Subsystems, die am Ende jeder Session und somit auch am Ende der Studie in das Output-Sheet eingetragen werden, werden als „SolmeX Parameter Output“ bezeichnet. Dies sind die Parameter, die zwischen den direkt verbundenen Subsystemen aktiv ausgetauscht werden, auf die aber auch jedes andere Subsystem mittels des IDMs Zugriff hätte. Abb. 4.2 bis Abb. 4.5 zeigen exemplarisch für das Subsystem AS (siehe Abschnitt 4.1.9) die Output-Werte für die vier Kategorien Masse, Energie, Temperatur und Abmessungen.

Die Gesamtmasse des Raumfahrzeugs kann dann als Summe der einzeln Massen aller Subsysteme, die im Output-Sheet eingetragen sind, addiert werden.

4.2.1 Masse

Für die Gesamtmasse des Raumfahrzeugs ohne Margin gilt:

$$m_{0,D} = \sum(m_i) \quad (4.11)$$

Dabei kennzeichnet das „D“, dass es sich um die Trockenmasse (Dry Mass) des Raumfahrzeugs handelt. Die Masse m_i beschreibt die Masse des einzelnen Subsystems ohne Margin, die sich aus der folgenden Gleichung ergibt:

$$m_i = \sum(m_j) \quad (4.12)$$

Dabei entspricht m_j der Masse einer einzelnen Komponente. Für die Subsystemmasse inklusive Margin (m_a) folgt damit:

$$m_{0,ma} = \sum[m_j(1 + \frac{m_a}{100})] \quad (4.13)$$

Für die Gesamtmasse inklusive Margin des Raumfahrzeugs gilt:

Equipment Summary

Mass

Dim

Temp

Power

Risk

Cost

Add new unit(s)

View All

View Cell names

Hide All Cell names

Input required

Calculated value

Drag down menu

Element 1	SolmeX Coronagraph Spacecraft		MASS [kg]			
Unit	Unit Name	Quantity	Mass per quantity excl. margin	Maturity Level	Margin	Total Mass incl. margin
	Click on button above to insert new unit					
1	CHT 10 Thruster	12	0,2	Fully developed	5	3,0
2	N2H4 Tank	1	29,6	To be developed	20	35,6
3	Helium Tank	1	1,1	To be developed	20	1,4
4	He pressuration	1	0,5	Fully developed	5	0,5
5	Heater	1	0,1	Fully developed	5	0,1
6	Valve	1	0,1	Fully developed	5	0,1
-	Click on button below to insert new unit		0,0	To be developed	20	0,0
SUBSYSTEM TOTAL		6	34,3		18,4	40,7

[Go to top](#)

Element 2	-		MASS [kg]			
Unit	Unit Name	Quantity	Mass per quantity excl. margin	Maturity Level	Margin	Total Mass incl. margin
	Click on button above to insert new unit					
1	Helium Tank	1	0,8	To be developed	20	0,9
2	Propellant Tank	1	12,1	To be developed	20	14,6
3	CHT 10 Thruster	6	0,2	Fully developed	5	1,5
4	Cold Gas Tank	1	113,8	To be developed	20	136,6
5	N2 Propellant	1	0,0	Fully developed	5	0,0
6	He pressuration	1	0,8	Fully developed	5	0,8
7	N2 thruster	12	0,2	Fully developed	5	2,5
8	N2H4 Heater	1	0,1	Fully developed	5	0,1
9	N2H4 Valve	1	0,1	Fully developed	5	0,1
-	Click on button below to insert new unit		0,0	To be developed	20	0,0
SUBSYSTEM TOTAL		9	131,5		19,5	157,1

[Go to top](#)

Abbildung 4.2: SolmeX AS IDM_MASSE

Equipment Summary

Mass

Dim

Temp

Power

Risk

Cost

View Cell names

Hide All Cell names

View All

Input required

Calculated value

Drag down menu

Add new unit(s)

Element 1	SolmeX Coronagraph Spacecraft		P _{PEAK} AND POWER SPECIFICATION PER MODE										PPEA
Unit	Unit Name	Quantity	Ppeak	LM			TM			MM			
				Pon	Pstby	Dc	Pon	Pstby	Dc	Pon	Pstby	Dc	
	Click on button above to insert new unit												
1	CHT 10 Thruster	12	20,0	18,0	2,0	0,0	18,0	0,0	0,0	5,0	0,0	50,0	
2	N2H4 Tank	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	Helium Tank	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	He pressuration	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	Heater	1	6,4	6,0	2,0	0,0	6,0	2,0	0,0	5,0	0,0	50,0	
6	Valve	1	6,5	6,0	2,0	0,0	6,0	2,0	0,0	5,0	0,0	50,0	
-	Click on button below to insert new unit												
SUBSYSTEM TOTAL		6	252,9	228,0	28,0		228,0	4,0		70,0	0,0		

Go to top

Element 2	-		P _{PEAK} AND POWER SPECIFICATION PER MODE										PPEA
Unit	Unit Name	Quantity	Ppeak	LM			TM			MM			
				Pon	Pstby	Dc	Pon	Pstby	Dc	Pon	Pstby	Dc	
	Click on button above to insert new unit												
1	Helium Tank	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	Propellant Tank	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	CHT 10 Thruster	6	20,0	18,0	2,0	0,0	18,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	Cold Gas Tank	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	N2 Propellant	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	He pressuration	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	N2 thruster	12	4,5	5,0	2,0	0,0	5,0	0,0	0,0	5,0	0,0	50,0	
8	N2H4 Heater	1	6,4	6,0	2,0	0,0	6,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	N2H4 Valve	1	6,5	6,0	2,0	0,0	6,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-	Click on button below to insert new unit												
SUBSYSTEM TOTAL		9	186,9	180,0	40,0		180,0	40,0		60,0	0,0		

Abbildung 4.3: SolmeX AS IDM_Energieversorgung

Equipment Summary

Mass

Dim

Temp

Power

Risk

Cost

Add new unit(s)

View Cell names

Hide All Cell names

View All

Input required

Calculated value

Drag down menu

Element 1	SolmeX Coronagraph Spacecraft		TEMPERATURE REQs [deg C]			
Unit	Unit Name	Quantity	Operation (max)	Operation (min)	NOP (max)	NOP (min)
	Click on button above to insert new unit					
1	CHT 10 Thruster	12				
2	N2H4 Tank	1				
3	Helium Tank	1				
4	He pressuration	1				
5	Heater	1				
6	Valve	1				
-	Click on button below to insert new unit					
SUBSYSTEM TOTAL		6				

[Go to top](#)

Element 2	-		TEMPERATURE REQs [deg C]			
Unit	Unit Name	Quantity	Operation (max)	Operation (min)	NOP (max)	NOP (min)
	Click on button above to insert new unit					
1	Helium Tank	1				
2	Propellant Tank	1				
3	CHT 10 Thruster	6				
4	Cold Gas Tank	1				
5	N2 Propellant	1				
6	He pressuration	1				
7	N2 thruster	12	60,0	-30,0	70,0	-45,0
8	N2H4 Heater	1				
9	N2H4 Valve	1				
-	Click on button below to insert new unit					
SUBSYSTEM TOTAL		9				

[Go to top](#)

Abbildung 4.4: SolmeX AS IDM_Temperatur

Equipment Summary

Mass

Dim

Temp

Power

Risk

Cost

Add new unit(s)

View All

View Cell names

Hide All Cell names

Input required

Calculated value

Drag down menu

Element 1	SolmeX Coronagraph Spacecraft		DIMENSIONS [m]		
Unit	Unit Name	Quantity	Dim1 Length	Dim2 Width or D	Dim3 Height
	Click on button above to insert new unit				
1	CHT 10 Thruster	12			
2	N2H4 Tank	1			
3	Helium Tank	1			
4	He pressuration	1			
5	Heater	1			
6	Valve	1			
-	Click on button below to insert new unit				
SUBSYSTEM TOTAL		6			

[Go to top](#)

Element 2	-		DIMENSIONS [m]		
Unit	Unit Name	Quantity	Dim1 Length	Dim2 Width or D	Dim3 Height
	Click on button above to insert new unit				
1	Helium Tank	1			
2	Propellant Tank	1	0,20	0,20	0,20
3	CHT 10 Thruster	6	0,30	0,30	0,30
4	Cold Gas Tank	1	0,20		
5	N2 Propellant	1			
6	He pressuration	1			
7	N2 thruster	12			
8	N2H4 Heater	1			
9	N2H4 Valve	1			
-	Click on button below to insert new unit				
SUBSYSTEM TOTAL		9			

Abbildung 4.5: SolmeX AS IDM_Abmaße

$$m_{0,Dma} = \sum [m_i \cdot (1 + \frac{m_a}{100})] \quad (4.14)$$

Für die resultierende Gesamtstartmasse wird nun noch die Treibstoffmasse inklusive Margin addiert.

$$m_0 = m_{0,Dma} + m_{t,ma} \quad (4.15)$$

4.2.2 Energieversorgung

Für die Energieversorgung gilt ein ähnlicher Algorithmus, in dem die einzelnen Werte der Komponenten und somit letztendlich der einzelnen Subsysteme addiert werden. Dabei ist zu beachten, dass der benötigte Energiewert, also der Spannungs- und Stromanspruch, je nach Missionsmodus variiert und somit nicht zwangsläufig für jeden Missionsmodus alle Subsysteme mit einbezogen werden. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass es neben den Spitzenwerten („Peak-Werten“) noch die Standbywerte, sowie die Betriebswerte gibt. Für die Auslegung des EVS sind jedoch die Spitzenwerte maßgebend (siehe Abb. 4.3).

4.2.3 Temperatur

Die Gesamtbilanz von produzierter und abgestrahlter Wärme muss ein Gleichgewicht erzeugen. Das TS wird diesbezüglich durch Kühlen und Wärmen angepasst. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf maximale und minimale Temperaturen einzelner Komponenten oder minimal erlaubte Temperaturschwankungen gelegt. TS ist zuständig dafür, dass die Gesamttemperaturbilanz immer im Gleichgewicht ist.

4.2.4 Abmessungen

Die Werte der Abmessungen sind für die meisten Komponenten nur vereinzelt variierbar. Das Subsystem Konfiguration hat daher die Aufgabe, ausgehend von den vorgegebenen Daten ein passendes Gesamtvolumen auf das maximal nutzbare Volumen der Trägerrakete anzupassen. Es ist leicht ersichtlich, dass sich hierzu keine feste Vorgehensweise formulieren lässt. Für jedes Raumfahrzeugs muss das Subsystem „Konfiguration“ individuell erarbeitet werden.

4.3 Genutzte Parameter

Die vier Hauptparameter Masse, Energie, Abmessung und Temperatur, welche von jedem Subsystem in das IDM Output Sheet eingetragen werden, werden als „Genutzte Parameter“ oder „interne Parameter“ definiert. Diese internen Parameter sind von jedem Subsystem freizugänglich und können somit direkt ausgetauscht werden. Wie in Abb. 4.2 bis Abb. 4.5 deutlich wird, werden zum Beispiel Abmessungen und Temperaturbereiche zum Teil nur lückenhaft festgelegt.

4.4 Ungenutzte Parameter

Alle Parameter, welche nicht in das IDM Output Sheet eingetragen werden, sind als „ungenutzte Parameter“ oder „externe Parameter“ bezeichnet. Diese sind nur bedingt von allen Subsystemen abrufbar. Als Voraussetzung für die Zugänglichkeit gilt hierbei eine Kommunikation zwischen den Subsystemen, die über die Informationen des IDM Output Sheets hinausgeht. In Kapitel 5 wird auf die Kategorie der ungenutzten Parameter weiter eingegangen.

Kapitel 5

SolmeX-Parameter Extern

In diesem Kapitel wird zunächst der Begriff des externen Parameters definiert. In den unteren Abschnitten wird dann die dazu nötige Forschung und die sich daraus ergebende Sammlung von Parametern beschrieben. Im Abschnitt 5.3 wird dann die Entstehung der Formeltabelle im Detail diskutiert.

5.1 Definition der externen Parameter

Zu den „SolmeX-Parameter-Extern“ werden neben den „ungenutzten Parametern“ (siehe Abschnitt 4.4) auch jene Parameter gezählt, die zur Auslegung und Berechnung der einzelnen Komponenten eines Subsystems genutzt werden, welche jedoch nicht im IDM dokumentiert sind und selten bis gar nicht zwischen den Subsystemen ausgetauscht werden. Für einen optimierten Entwurf eines Raumfahrzeugs sind diese Parameter jedoch von essentieller Bedeutung. Am Beispiel der Wärmestrahlung lässt sich dies leicht nachvollziehen. In erster Näherung genügt die Gl. 5.1 der Anschauung. Dabei ergibt sich die Summe der Wärmeströme (\dot{Q}) aus dem Produkt der Emissivität (ε), der Fläche (A) und der Temperatur (T) des strahlenden Körpers. Hinzu kommt noch die Stefan-Boltzmann-Konstante (σ).

Jedes Subsystem gibt den Parameter Temperatur an TS weiter. Dieser Parameter enthält im Idealfall einen maximalen und einen minimalen Wert für jede Missionsphase. Bezug nehmend auf die Gl. 5.1 für Wärmestrahlung erkennt man jedoch, dass der Wärmestrom proportional zur Oberfläche A des strahlenden Körpers ist. Ferner erkennt man, dass jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts Wärme in Form von Strahlung in radialer Richtung aussendet. Dies hat zur Folge, dass innerhalb eines Raumfahrzeugs die Temperaturextrema empfindlich schwanken können. Unter Berücksichtigung dieser und weiterer Parameter soll diese Beeinflussung mit in das System eingebracht werden.

$$\sum \dot{Q} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (5.1)$$

5.2 Die Parameter

Zu Beginn der Suche nach externen Parametern wurde zunächst eine Tabelle (siehe Tab. 5.1) angelegt, welche in drei Spalten aufgeteilt wurde. Die erste Spalte beinhaltet das Subsystem, die zweite Spalte die jeweiligen Komponenten und in der dritten Spalte wurden die HP (siehe Abschnitt 4.3) aus dem IDM übernommen. Für die weitere Betrachtung werden demnach alle Parameter in einer Tabelle zusammengefasst. Daher werden alle Parameter als „Solmex-Parameter“ oder kurz nur noch als Parameter bezeichnet. Der Index „ i “ gibt die Zeile in der Tabelle an.

Tabelle 5.1: Parameter Tabelle

Subsystem	Komponente	Parameter
x_i	y_i	z_i

Die Subsysteme liegen in derselben Reihenfolge vor, wie im „Concurrent Engineering Study Report“ [24]. Die Komponenten und die Parameter wurden ohne besondere vorgehensweise hinzugefügt. Ausgehend von jener Struktur wurden zusätzlich zu den in der SE-Studie dokumentierten Parametern jeder Komponente sukzessive weitere hinzugefügt. Als Hauptquelle dienten dazu [2] [6]. Basierend auf den Aufgaben, der jeweiligen Komponenten der einzelnen Subsysteme, konnten die ersten Parameter, die notwendig sind, um die zu erfüllenden Aufgaben zu beschreiben oder zu realisieren, direkt hinzugefügt werden. Ein neuer Parameter wurde solange in weitere zerlegt, bis dieser nur noch durch Parameter dargestellt werden konnte ohne eine Schleife zu durchlaufen. Die sich daraus neu ergebenden Parameter, wurden der Tabelle ebenfalls hinzugefügt. Anhand des Kommunikationssystems soll eine schemenhafte Darstellung (siehe Abb. 5.1) dieses Prozesses visualisiert werden.

Für die weitere Tabellenerstellung wurde auf eine Unterscheidung zwischen Missionsmodi verzichtet, da die entstehende Parametersammlung für jeden Missionsmodus gleich bleibt und somit übertragen werden kann. Dabei bleibt der Detaillierungsgrad entsprechend der Entwurfsphase (Phase 0/A) im Rahmen von Auslegungsparametern. Außerdem wurde, um den Umfang einer Bachelorarbeit nicht zu überschreiten, nicht jedes Subsystem ausführlich beschrieben. Diese Arbeit erhebt daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit bezüglich der Beschreibung eines Raumfahrzeugs auf Parameterbasis.

5.3 Erstellung der Tabelle

Tab. 5.2 zeigt für das Subsystem INS, die zugehörige Komponente und die zugehörigen Hauptparameter. In Tab. A.1 ist eine vollständige Tabelle mit allen Hauptparametern der Subsysteme dargestellt. In Tab. 5.2 sind die Elemente der leeren Stellen gleich Null, aber ungleich leer. Dies bedeutet, dass die Indizes für Subsysteme, Komponenten oder Parameter die fortlaufende Nummer an der jeweiligen Stelle erhält (siehe Tab. 5.3). So lässt sich ein Parameter direkt einem Subsystem anhand des Index zuordnen. Der Index „ i “ für z_i von AS ist zum Beispiel immer größer als jeder andere Index „ i “ eines anderen Subsystems, da AS das letzte Subsystem in der Liste ist. Eine solche direkte Zuordnung ist von besonderer Bedeutung für die spätere Optimierung eines

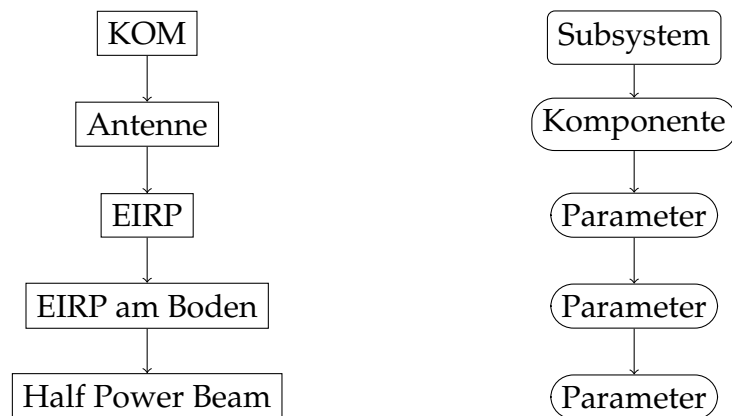


Abbildung 5.1: Zuordnung von Parametern

Tabelle 5.2: HP Tabelle für das Instrument CUSP

Subsystem	Komponente	Parameter
INT	CUSP	Masse Breite Tiefe Laenge Leistungsanspruch Stromfluss Temperatur

Algorithmus. Am Beispiel der Gl. 5.2 bis Gl. 5.7 wird gezeigt, wie die Tabelle mit weiteren Parametern gefüllt wird. Tab. A.3 im Anhang zeigt die Gesamtübersicht der für diese Arbeit verwendeten Gleichungen.

$$b = \frac{V}{l \cdot h} \quad (5.2)$$

$$b = \frac{m}{\rho \cdot l \cdot h} \quad (5.3)$$

$$\rho = \rho(T) \quad (5.4)$$

$$\Delta T = f(\dot{Q}_s) \quad (5.5)$$

$$\dot{Q}_s = \alpha \cdot S_0 \cdot F_p \quad (5.6)$$

$$b = f(HP, \rho, \alpha, S_0, F_p) \quad (5.7)$$

Gl. 5.2 beschreibt die Breite (b) einer Komponente als Funktion des Volumens (V), der Länge (l) und der Höhe (h). Für die Abmessungen sind dadurch die Hauptparameter

Tabelle 5.3: Allgemeine Parametertabelle

Subsystem	Komponente	Parameter
x_1	y_1	z_1
x_2	y_2	z_2
x_3	y_3	z_3
x_4	y_4	z_4
x_5	y_5	z_5
x_6	y_6	z_6
x_7	y_7	z_7
x_8	y_8	z_8

Tabelle 5.4: Allgemeine HP-Tabelle

i	Parameter	Formelzeichen	Einheit
1	Masse	m	[kg]
2	Breite	b	[m]
3	Tiefe	t	[m]
4	Länge	l	[m]
5	Leistungsanspruch	P	[W]
6	Stromfluss	I	[A]
7	Temperatur	T	[K]
8	Dichte	ρ	$[kg/m^3]$
9	Absorbtionskoeffizienten	α	[]
10	Solare-Strahlungsleistung	S	[W]
11	projizierte Fläche	F	$[m^2]$

(l, h, b) gegeben. Durch Ersetzen des Volumens durch den Quotienten der Masse (m) und der Dichte (ρ) wird der Hauptparameter (m) mit einbezogen. Im nächsten Schritt wird die Abhängigkeit der Dichte als eine Funktion der Temperatur definiert. Da die Dichte auch vom Druck und weiteren Parametern abhängt, soll in diesem Schritt zunächst vernachlässigt werden.

Für den Temperaturgradienten ΔT wird als Einflussfaktor die Solare-Strahlungsleistung \dot{Q}_s definiert, deren Leistung eine Funktion des Absorbtionskoeffizienten (α), der Solarkonstante (S_0) und der projizierten Fläche (F_p) ist. Neben dem Hauptparameter für die Temperatur haben sich nun vier weitere Parameter ergeben, die Einfluss auf den Parameter Breite haben (siehe Gl. 5.7). Diese Parameter werden in eine neue Tabelle (siehe, HP-Tabelle Tab. 5.4) angefügt. Tab. A.2 im Anhang zeigt die gesamte Parameter-Tabelle.

Kapitel 6

Graphentheorie

In diesem Kapitel wird das Werkzeug zur Auswertung von Parameterrelationen erläutert. Hierzu hat sich die Graphentheorie bewährt. In Abschnitt 6.2 wird der Grund für die Auswahl der Graphentheorie näher erläutert. Ab Abschnitt 6.3 werden im Anschluss die grundlegenden Begriffe der Graphentheorie erklärt. In Abschnitt 6.6 werden die Suchalgorithmen zur Untersuchung von Graphen und deren Anwendung bezogen auf die Parameterverbindungen im Detail beschrieben.

6.1 Einflüsse und Abhängigkeiten

Wie in Kapitel 5 gezeigt, wurde eine Tabelle mit Parametern, die das Gesamtsystem später beschreiben soll, angelegt. Aus dieser Tabelle werden später die Relationen zwischen den Subsystemen herausgearbeitet. Hierzu ist jedoch noch die Einführung der Begriffe „Einfluss“ und „Abhängigkeit“ bezogen auf die Parameter notwendig.

Übt ein Parameter einen Einfluss auf einen anderen Parameter aus, so ist im Umkehrschluss der beeinflusste Parameter abhängig vom einflussnehmenden Parameter. In manchen Fällen haben beide Parameter einen Einfluss aufeinander und demnach sind beide Parameter ebenfalls voneinander abhängig. Dieser Fall hat die gleiche Bedeutung wie eine ungerichtete Kante (Vergleiche hierzu Abschnitt 6.3). Eine genauere Deutung und Anwendung dieser Begriffe wird in Abschnitt 7.1 erklärt.

6.2 Von Einflüssen und Abhängigkeiten zu den Graphen

Das Gesamtsystem eines Satelliten besteht aus verschiedenen Subsystemen, die wiederum aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt werden. Diese Komponenten werden durch die in Tab. A.2 aufgeführten Parameter beschrieben. Ein Parameter kann entweder einen Einfluss auf einen weiteren Parameter haben, er kann eine Abhängigkeit von einem weiteren Parameter aufweisen oder zwei Parameter können sowohl Einfluss haben als auch eine Abhängigkeit voneinander aufweisen. Diese Art von Beziehung zwischen Objekten die ein System darstellen kann durch die Graphentheorie beschrieben werden [26].

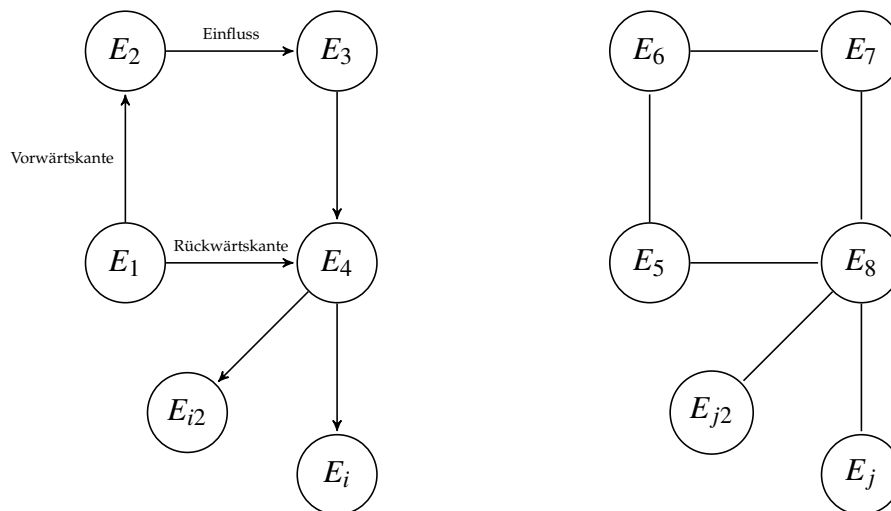


Abbildung 6.1: Ein Gerichteter Graph (links). Der zugehörige ungerichtete Graph (rechts)

6.3 Grundbegriffe

Ein Graph wird beschrieben aus einer Menge Ecken (E) und einer Menge Kanten (K). Weiter werden Graphen in zwei Untergruppen unterteilt, den gerichteten und den ungerichteten. Ein gerichteter Graph unterscheidet sich von einem ungerichteten in den Kanten. Bei einem gerichteten Graphen findet nur in die vorgegebene Richtung ein Informationsaustausch statt. Ein ungerichteter Graph hingegen ist lediglich verbunden ohne eine konkrete Richtungsvorgabe der Kanten aufzuweisen. Ein Graph kann in der Ebene durch Knoten für die Ecken und durch Strecken für die Kanten dargestellt werden (siehe Abb. 6.1). Die gerichteten Strecken werden durch Pfeile gekennzeichnet, um eine Richtung zu signalisieren. Im Gegensatz dazu werden die Kanten eines ungerichteten Graphen als reine Strecken dargestellt.

Eine gerichtete Kante wird in zwei Klassen unterschieden: Die Vorwärtskante zeigt von einem Knoten weg und ist in dem Kontext dieser Arbeit gleichbedeutend mit dem Begriff des Einflusses. Als Gegenstück zur Vorwärtskante dient die Rückwärtskante, welche als Synonym für die Abhängigkeit steht und zu einem Knoten hinzeigt.

Definiert man wie in Abb. 6.1 E_1 als Startpunkt und liest die Kanten im Uhrzeigersinn, folgen daraus die aufgeführten Bezeichnungen der Richtungen. In den späteren Kapiteln wird näher darauf eingegangen, zu welchem Schritt welche Art von Graph benötigt wird.

6.4 Bäume

Ein Baum ist ein zusammenhängender, nicht geschlossener Graph [26]. Ein Spezialfall der Bäume ist der Wurzelbaum, bei dem eine Ecke am höchsten liegt und die folgenden Ecken tiefer liegen (siehe Abb. 6.2). Für einen gerichteten Graphen kann die Spitze eines Wurzelbaumes als Startwert interpretiert werden. Anhand der Äste (Kanten) kann man ablesen, wann ein Knoten E_i ausgehend vom Startwert E_1 erreicht wird. Für die spätere Auswertung der Einflüsse/Abhängigkeiten der einzelnen Parameter wird die-

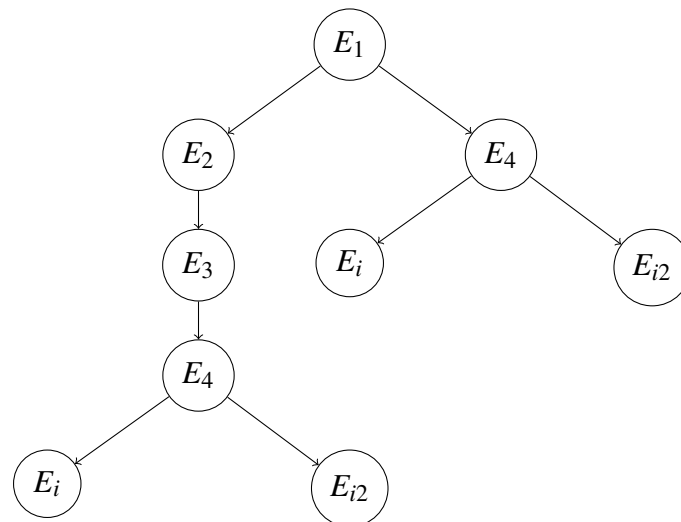


Abbildung 6.2: Darstellung eines Graphenbaums

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Abbildung 6.3: $A(G)$ als Boolesche Matrix

se Darstellungsform verwendet. Von der Form ausgehend wird der erste Parameter als Variable deklariert und die folgenden Parameter als Relationsparameter definiert.

6.5 Adjazenzmatrix

Eine weitere Darstellungsform eines Graphen ist die Adjazenzmatrix $A(G)$, die aus $(n \times n)$ Elementen besteht. Adjazent nennt man Ecken, die miteinander durch eine Kante verbunden sind. Ein Element a_{ij} der Matrix steht daher für eine Kante zwischen zwei Knoten. Ferner ist die Anzahl n gleich der Anzahl E der Knoten. Somit beschreibt die Adjazenzmatrix einen Graphen vollständig.

Die einfachste Form der Matrix $A(G)$ ist eine Boolesche Matrix (siehe Abb. 6.3). Sie lässt sich wie folgt beschreiben: Wenn es eine Kante von E_i zu E_j gibt, so ist das Element a_{ij} der Matrix gleich 1. Weiter gilt, dass das Element a_{ij} der Matrix gleich 0 ist, wenn es keine Kante von E_i zu E_j gibt. Für einen ungerichteten Graphen ist das Element a_{ij} immer gleich dem Element a_{ji} und somit ist die Matrix $A(G)$ eines ungerichteten Graphen symmetrisch [26].

Für einen gerichteten Graphen lässt sich diese Schreibweise für die drei Fälle Einfluss, Abhängigkeit oder Einfluss und Abhängigkeit erweitern. So ist, wenn eine Kante von E_i zu E_j existiert, die von E_i zu E_j gerichtet aber nicht von E_j zu E_i gerichtet ist, das Element a_{ij} gleich 1, jedoch das Element a_{ji} gleich 0 (vergleiche hierzu Abb. 6.4).

Für die weitere Betrachtung wird folgende Konvention getroffen: Sollte es eine gerich-



Abbildung 6.4: Ein Graph und die zugehörige Boolesche Matrix

	E1	E2	E3	E4
E1	0	0	0	0
E2	1	0	0	0
E3	0	1	0	0
E4	1	0	1	0

	E1	E2	E3	E4
E1	0	0	0	0
E2	1	0	0	0
E3	0	1	0	0
E4	1	0	1	0

Abbildung 6.5: Eigenschaft von E1: Einfluss (links) und Abhängigkeit (rechts)

tete Kante von E_i zu E_j geben, so hat E_i Einfluss auf E_j und das Element a_{ij} ist gleich 1. Rückwirkend dafür lässt sich die Abhängigkeit des Elements E_j von E_i definieren. Dadurch lassen sich später Einflüsse in Spalten und Abhängigkeiten in Zeilen direkt ablesen (siehe Abb. 6.5). Für eine sehr große Anzahl n der Knoten ist es leicht ersichtlich, dass eine solche Boolesche Matrix einen großen Übersichtsvorteil gegenüber der klassischen Darstellung des Graphen bietet.

6.6 Suchalgorithmen in Graphen

Bezogen auf die meisten graphentheoretischen Probleme ist es von Interesse alle Ecken und Kanten eines Graphen zu durchsuchen [26]. Bezogen auf die Parameter stellt sich die Frage, ob ein Parameter Einfluss auf einen beliebigen Parameter oder abhängig von einem beliebigen Parameter ist. Weiter stellt sich die Frage, wann beziehungsweise wie schnell diese Relationen innerhalb des Modells auftreten. Die Algorithmen (siehe Abschnitt 7.3) werden hinsichtlich der Suche auf gerichtete Graphen angewendet.

6.6.1 Tiefensuche

Die Tiefensuche hat das Ziel, die am weitesten vom Startknoten entfernten Knoten so früh (schnell) wie möglich zu erreichen. Der Algorithmus wird als Tiefensuche bezeichnet, da dieser so tief wie möglich versucht den Graphen zu durchsuchen [26]. Im ersten Schritt werden Knoten solange besucht, bis von dem aktuell besuchten Knoten keine Vorwärtskante mehr existiert. Im zweiten Schritt wird eine Kante ausgewählt, deren Anfangsknoten der letzte markierte Knoten ist. Existiert an dieser Kante ein noch nicht besuchter Knoten, so wird dieser und die folgenden Knoten solange besucht, bis entweder keine Vorwärtskante mehr existiert oder ein Knoten erreicht wird, der schon in einem früheren Durchlauf über eine andere Kante erreicht wurde. Die Abb. 6.6 veranschaulicht anhand des Graphen eine durchgeführte Tiefensuche.

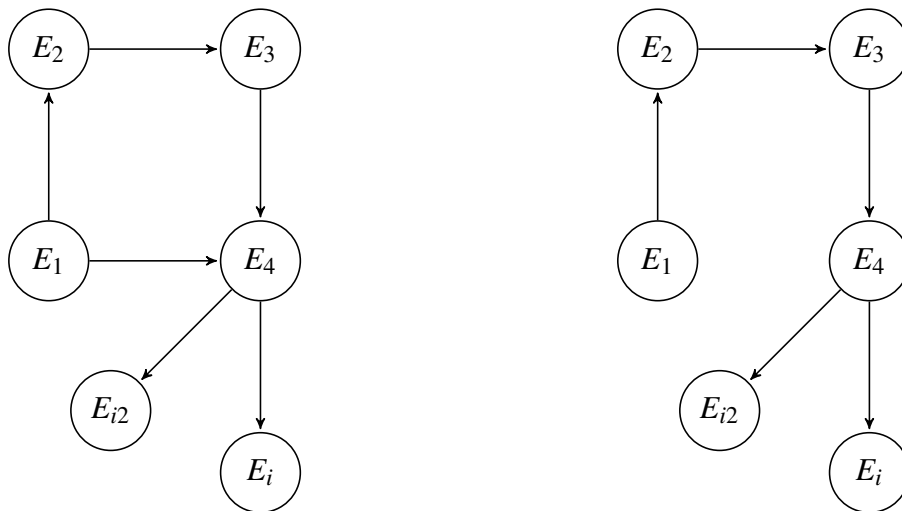


Abbildung 6.6: Tiefensuche angewendet auf den Graphen links

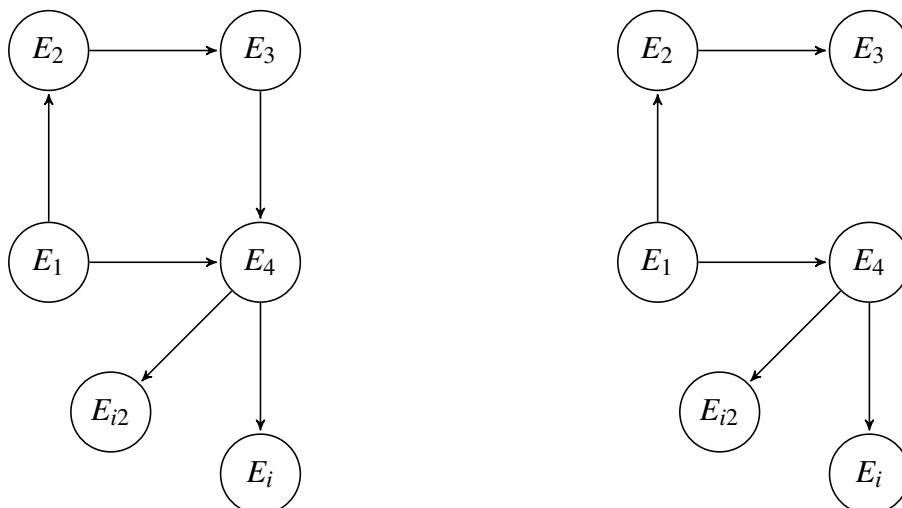


Abbildung 6.7: Breitensuche angewendet auf den Graphen links

6.6.2 Breitensuche

Alternativ zur Tiefensuche (siehe Abschnitt 6.6.1) wird bei der Breitensuche der gegebene Graph so breit wie möglich durchsucht. Dies bedeutet, dass für jeden besuchten Knoten zunächst alle benachbarten Knoten besucht werden [26]. Hinsichtlich eines gerichteten Graphen können nur Knoten nach einer Vorwärtskante besucht werden. Im zweiten Schritt wird ein noch nicht besuchter Knoten markiert, von dem aus alle benachbarten Knoten nach demselben Algorithmus für Vorwärtskanten besucht werden. Markiert werden alle Knoten, die noch in keiner vorigen Suche über einen anderen Weg besucht wurden. In Abb. 6.7 wird die Breitensuche nochmals deutlich (vergleiche hierzu die Tiefensuche Abb. 6.6).

6.6.3 Tiefe der Breitensuche

Wird die Breitensuche auf einen gerichteten Graphen angewendet, erweist es sich als sinnvoll, die besuchten Knoten in Tiefen einzuteilen. Dadurch können bei einer spä-

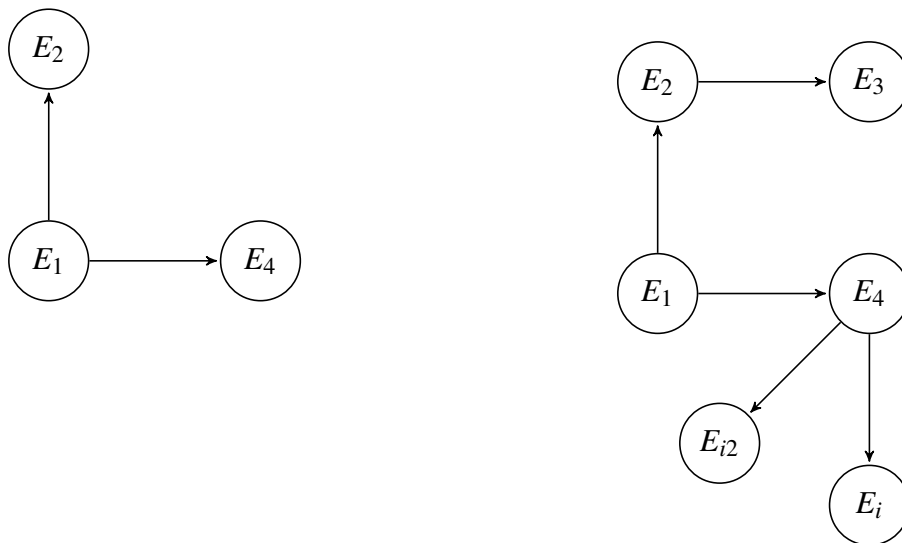


Abbildung 6.8: Beispiel der ersten Tiefe (links) und zweiten Tiefe (rechts) einer Breitensuche

teren Optimierung einzelne Parameter verschieden gewichtet werden. Wird ein Knoten schon in der ersten Tiefe der Breitensuche erreicht, hat dieser Parameter einen anders zu gewichteten Einfluss, als ein Parameter der erst ab einer Tiefe- x erreicht wird. Abb. 6.7 zeigt eine vollständige Breitensuche, die in zwei Tiefen aufgeteilt werden kann (siehe Abb. 6.8). Für die späteren Analysen wird der Knoten „ E_1 “ mit der Tiefe 0 der Breitensuche bezeichnet. Die vollständige Breitensuche für dieses Beispiel weist demnach die Tiefe 2 auf.

Kapitel 7

Relationen

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Bestimmung der Relationen, sowie der daraus folgende Aufbau der Adjazenzmatrix beschrieben. Dazu werden die nötigen Begriffe Einflüsse und Abhängigkeiten im Detail analysiert und exemplarisch anhand eines Beispiels dargestellt. Im Abschnitt 7.2 wird anschließend die vollständige Adjazenzmatrix zur Auswertung gezeigt.

7.1 Bestimmung der Relationen

Als Ausgangspunkt für die Bestimmung der Relationen zwischen den Parametern wird zunächst die Tab. A.2 gewählt und im ersten Schritt um die Spalte „Relationen“ erweitert. Ausgehend von der Graphentheorie wurde der Begriff Relation wie folgt adaptiert:

Existiert zwischen den Knoten (Parametern) E_1 und E_2 eine Kante, so wird von einer Relation gesprochen. Existiert ferner eine Richtung, also eine gerichtete Kante zwischen den Knoten E_1 und E_2 , so wird von einem Einfluss oder einer Abhängigkeit gesprochen. Für die weitere Bearbeitung wurde diese Definition dahingehend modifiziert, dass von einer Relation gesprochen wird, wenn der Knoten E_1 abhängig von E_2 ist, sprich eine gerichtete Kante von E_2 auf E_1 zeigt. Die Abb. 7.1 veranschaulicht so eine Relation zwischen E_1 und E_2 . Es existiert demnach keine Relation zwischen E_2 und E_1 .

Im nächsten Schritt wurden zunächst alle offensichtlichen Relationen manuell herausgearbeitet und in die Spalte „Relationen“ eingetragen. Im Falle der Breite eines Bauteils sind das zunächst die Länge (l), das Volumen (V) und die Höhe (h) (siehe Gl. 5.2). Während des Prozesses wurden zusätzliche Relationen, die erst über mehrere Ebenen erkennbar sind, ebenso in die Spalte eingetragen. So ist zum Beispiel die Breite einer Komponente abhängig von der Entfernung zur Sonne (siehe Gl. 5.7). Anhand der Gleichung für die Entladungstiefe (Depth of Discharge (DoD)) einer Batterie wird die



Abbildung 7.1: Relation zwischen E_1 und E_2

Komplexität der Relationen nochmals verdeutlicht (siehe Gl. 7.1). Die Entladungstiefe einer Batterie ist abhängig von der entnommenen Leistung (P_L), der Kapazität (C_i), der durchschnittlichen Spannung (V_{Avg}) und der Entladezeit (t_d). Die Entladezeit der Batterie ist wiederum abhängig von der Eklipsenzeit, in der die Solargeneratoren keine Leistung für das Raumfahrzeug generieren können. Die Dauer der Schattenphase ist abhängig vom Orbit des Raumfahrzeugs und lässt sich in erster Näherung durch die Gl. 7.3 bestimmen. Mit der großen Halbachse (a), der Exzentrizität (e), der exzentrischen Anomalie (E) und der geozentrischen Gravitationskonstante (μ) wird die Transferzeit vollständig beschrieben. Innerhalb dieses Zeitraumes müssen die Service-Daten weiterhin bearbeitet werden. Daher muss die Zeit der Entladetiefe mindestens oder sogar länger der Schattenphase sein, damit die notwendigen Informationen verarbeitet werden können. Diese Zeit der Bearbeitung von Informationen ergibt sich aus dem Quotienten der Daten und der Datenrate. Wird dieser Wert in die Gleichung für die Entladetiefe integriert, ergibt sich eine Abhängigkeit von der Busbreite für die Entladetiefe (siehe Gl. 7.6).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass für die Tab. A.2 alle Relationen eigenhändig, basierend auf dem eigenen Wissensstand und der daraus folgenden Logik herausgearbeitet wurden und somit nicht als eine vollständige Sammlung aller Relationen gesehen werden darf.

$$DoD = \frac{P_L \cdot t_d}{C_i \cdot V_{Avg}} \quad (7.1)$$

$$t_d = f(Orbit) \quad (7.2)$$

$$t = \left(\frac{a^3}{\mu}\right)^{0,5} \cdot (E - e \cdot \sin E) \quad (7.3)$$

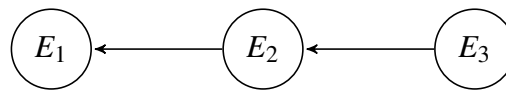
$$Datenrate = \frac{Busbreite \cdot Befehlssatz}{Zeiteinheit} \quad (7.4)$$

$$t_{min} = \frac{Busbreite \cdot Befehlssatz}{Datenrate_{max}} \quad (7.5)$$

$$Dod = f(Busbreite) \quad (7.6)$$

Zusätzlich zur eigenen Bildung von Relationen wurde mit Hilfe von „Visual Basic for Applications“ in der Umgebung MS Excel der Algorithmus Abb. 7.3 implementiert und durchgeführt. Der Algorithmus beruht dabei auf der Vorgehensweise der Transitivität und dient lediglich der Verkürzung der Suchzeit. Abb. 7.2 verdeutlicht den transitiven Ansatz, dass, wenn Knoten E_1 abhängig von Knoten E_2 und Knoten E_2 abhängig von Knoten E_3 ist, Knoten E_1 zwangsläufig auch von dem Knoten E_3 abhängt [27].

Fortlaufend nach dem Algorithmus Abb. 7.3 wurde die Tabelle vervollständig (siehe Tab. A.3). Tab. A.3, die als Ergebnis dieses Algorithmus hervorging, beschreibt die Relationen der Parameter in der Grundform, die Tabelle wird daher als Einheitsparameter-tabelle bezeichnet.

Abbildung 7.2: Transitivität zwischen E_1 und E_3

7.2 Aufbau der Adjazenzmatrix

Tab. A.3 gibt die Relationen beziehungsweise die Abhängigkeiten der Parameter wieder. Für den SE ist neben der Abhängigkeit der Einfluss eines Parameters jedoch von gleicher Bedeutung. Hierzu wird Tab. A.3 unter Zuhilfenahme der in Kapitel 6 definierten Adjazenzmatrix in eine solche umgewandelt.

Im ersten Schritt wird die Einheitsparametertabelle auf alle Komponenten aller Subsysteme angewendet. Tab. A.1 werden dazu die Parameter zugeordnet, die zu der jeweiligen Komponente passen. Die Entladetiefe wird demnach der Komponente „Batterie“ jedoch nicht der Komponente „Düsen“ zugeordnet. Als Ergebnis der Einheitsparametertabelle wurde Tab. A.4 entwickelt. Diese Tabelle fasst alle Subsysteme mit den zugehörigen Komponenten und den Parametern zusammen. Da es sich um eine komplette Übersicht handelt, wird die Tabelle als Komplettparametertabelle bezeichnet. Diese verfügt über 435 Zeilen und drei Spalten. Man muss dabei jedoch beachten, dass die Anzahl der Zeilen ungleich der Anzahl der Parameter ist. Die Anzahl aller Parameter in der Komplettparametertabelle beträgt 406 Parameter. Tab. A.5 ist eine modifizierte Form der Komplettparametertabelle und enthält anstatt den konkreten Bezeichnungen, die Elemente x, y, z mit den jeweiligen Indizierungen. Wie in Tab. 5.3 gibt es in der modifizierten Komplettparametertabelle keine leeren Elemente.

Als Nächstes werden die drei Spalten der Komplettparametertabelle zusätzlich transponiert. Die daraus entstehende Matrix ist eine $(n \times n)$ Matrix ($n=435$). Bezug nehmend auf die Definition der Zeilen (Index „ i “) und Spalten (Index „ j “) einer Adjazenzmatrix wurden für jeden Parameter z_i in der Zeile „ i “ die gefundenen Abhängigkeiten markiert. Wenn der Parameter z_i von dem Parameter z_j abhängig ist, wird das Element a_{ij} gleich 1 gesetzt. Die daraus folgende $(n \times n)$ Matrix enthält 9531 von 0 verschiedene Elemente a_{ij} und beschreibt die Abhängigkeiten, abzulesen in den Zeilen, und die Einflüsse, abzulesen in den Spalten der Parameter. Abbildung (siehe Abb. 7.4 stellt die Adjazenzmatrix im Maßstab 1:370 dar. Sie wird in den weiteren Abschnitten als $A_1(G)$ bezeichnet. Die Eins bedeutet in diesem Fall, dass es sich um die Adjazenzmatrix des Graphen mit der Tiefe 1 handelt, diese wird als Grundparametermatrix bezeichnet.

7.3 Die Algorithmen

Damit eine Aussage bezüglich der Relation zwischen den Parametern für die Tiefen größer 1, getroffen werden kann, müssen zunächst Ziele festgelegt und die zugehörigen Algorithmen entwickelt werden. Die zentralen Fragen lauten hierbei:

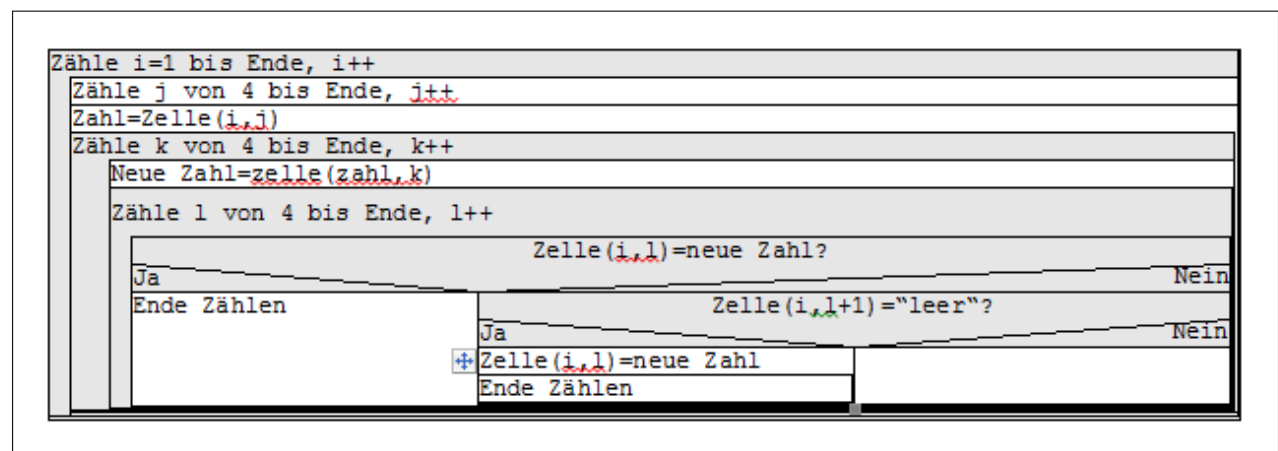


Abbildung 7.3: Nassi-Shneiderman-Diagramm für den transitiven Abschluss

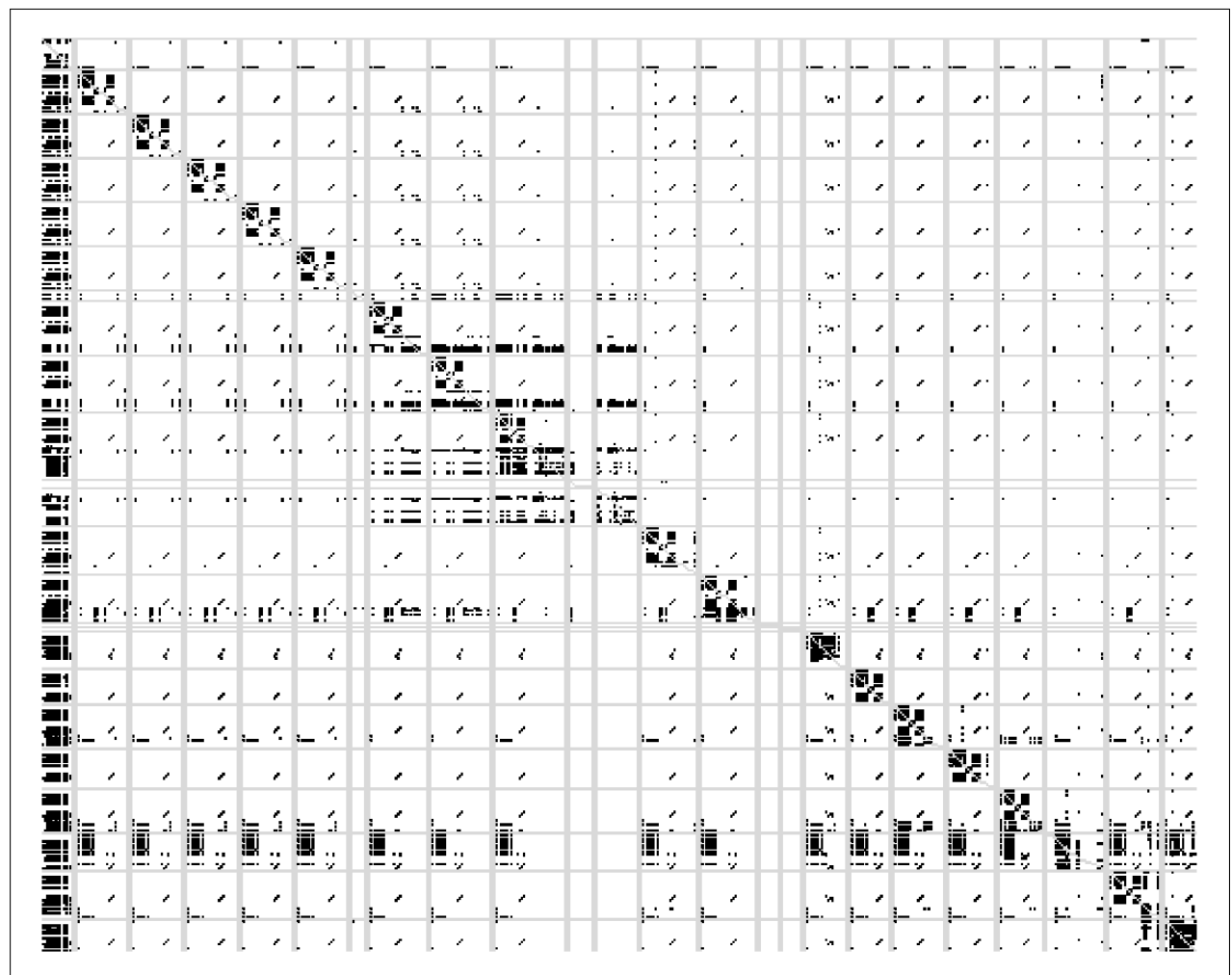


Abbildung 7.4: Adjazenzmatrix der Parameter

1. Maximale Anzahl der Abhängigkeit eines Parameters von anderen Parametern
2. Maximale Anzahl der Einflüsse, die ein Parameter auf andere Parameter ausübt
3. Anzahl der Schritte (Tiefen) bis die Maxima erreicht werden
4. Anzahl der Parameter je Tiefe

Damit die zugehörigen Algorithmen entwickelt werden können, werden zunächst einige Einschränkungen getroffen. Es wird eine Breitensuche der $A_1(G)$ durchgeführt, bei der die zugehörigen Tiefen ermittelt und die Anzahl der besuchten Parameter je Tiefe angegeben wird. Die wichtigste Einschränkung innerhalb des Algorithmus ist, dass jeder Parameter nur einmal besucht werden kann. Dies bedeutet, dass wenn ein Parameter schon mal gefunden wurde, dieser in einer späteren Tiefe oder in derselben Breite nicht erneut besucht werden kann. Dadurch soll zunächst eine Dauerschleife verhindert werden. Abb. 7.6 verdeutlicht das Prinzip ohne die Einschränkung. Zum Vergleich sieht man den Abbruch der Suche in Abb. 7.7.

Bezogen auf Frage 1 wird zunächst in Spalte z_i (Vergleiche hierzu Tab. A.5) ein Parameter in einer bestimmten Zeile ausgewählt. Entlang der angehängten Spalten wird die Zählvariablen „j“ abgelaufen, bis ein Element a_{ij} , das ungleich null ist, angetroffen wird. Das Element a_{ij} gibt nun den Parameter vor, der die nächste Tiefe öffnet. Anschließend wird Zeile $i=j$ ausgewählt und alle Elemente a_{ij} in der Zeile i überprüft, ob diese in der Zeile i =„Start“ existieren. Sollte ein Parameter noch nicht existieren wird dieser übernommen und die Suche wird fortgesetzt. Abb. 7.5 verdeutlicht den Algorithmus im Nassi-Shneiderman-Diagramm.

Für die Einflussuche bezogen auf Frage 2 ist der Algorithmus leicht anzupassen. Statt in Spalte z_i zu starten und die Zeilen zu variieren, wird in Zeile z_j (z_j ist die transponierte Form der Spalte z_i) gestartet und die Spalten werden variiert. Der Algorithmus für die Fragen 3 und 4 ist ebenfalls wie bei Frage 1 und 2 für den Fall des Einflusses oder der Abhängigkeit zu variieren. Die Fragen 3 und 4 werden in einem Algorithmus gleichzeitig abgearbeitet. Hierzu wird die Anzahl aller Elemente a_{ij} des zu untersuchenden Parameters zu Beginn des Durchlaufs bestimmt. Die Anzahl der $\sum a_{ij}$ wird als Ende der Schleife bestimmt, im selben Schritt wird dieses Ende als neuer Tiefenabschnitt definiert. Für den Fall der Abhängigkeit wird derselbe Algorithmus wie für Frage 1 durchgeführt. Der Algorithmus läuft solange, bis keine neuen Elemente dem Parameter angehängt werden und das festgelegte Ende erreicht ist. Beim Erreichen der beiden Kriterien wird das aktuelle Ende des Baumes als neuer Tiefenbeginn markiert. Gleichzeitig ist das alte Ende des Baumes der neue Startpunkt des Algorithmus und das neue Ende wird als Ende des Algorithmus festgelegt. Diese Schleife wird bis zu dem Punkt, an dem das neue Ende gleich dem alten Ende ist durchlaufen. Das bedeutet, dass ab der nächsten Tiefe nur noch Parameter besucht werden, die im Baum schon verzeichnet sind.

Damit der Algorithmus schneller arbeiten kann, wurde eine Hilfs-Tabelle angelegt. Abb. 7.8 zeigt die Modifikation für die Suche der Einflüsse. Dazu wurde in der Adja-

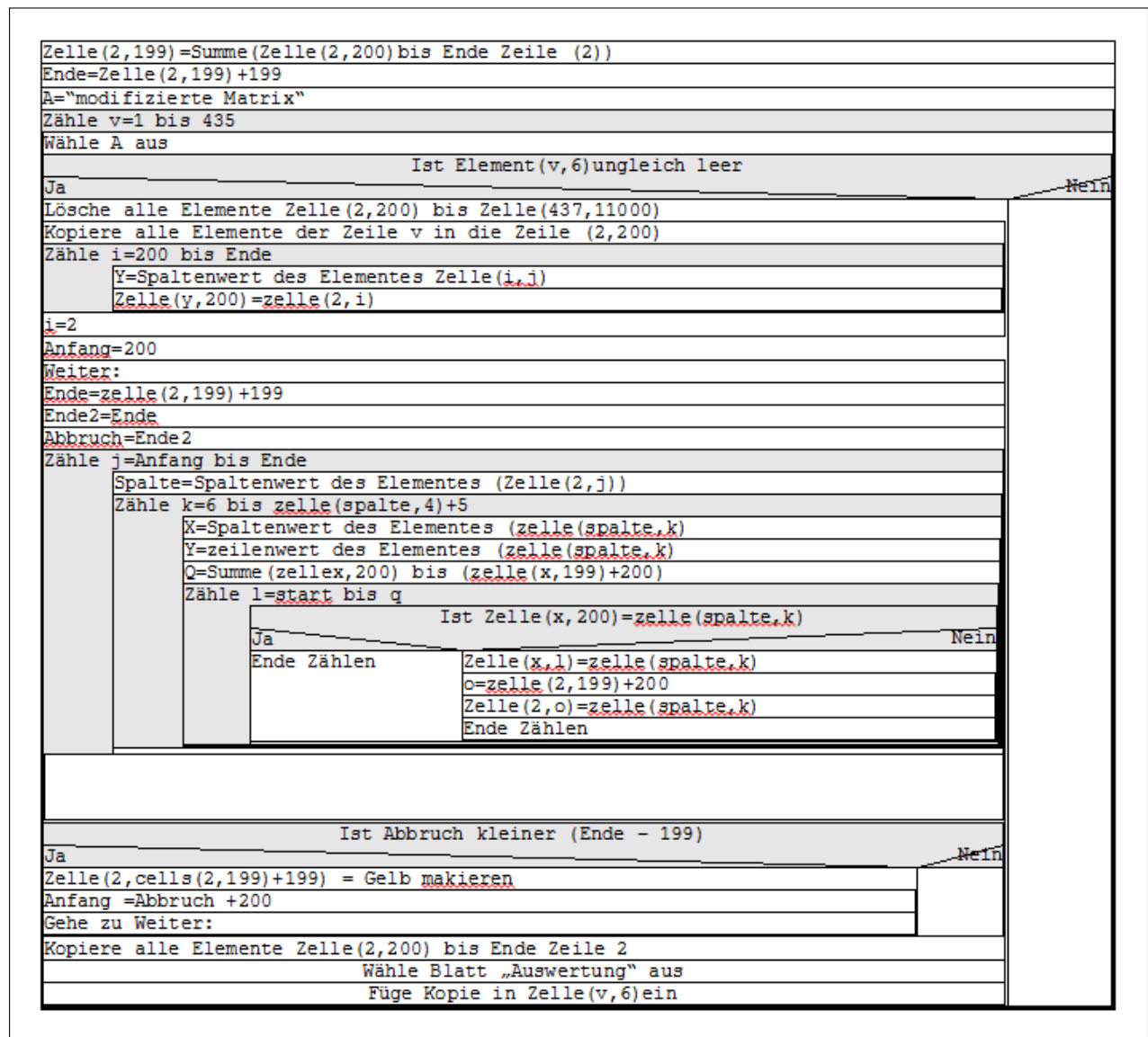


Abbildung 7.5: Nassi-Shneiderman-Diagramm für die Fragen 1-4

zenzmarix jede leere Zelle in einer Spalte gelöscht. Abb. 7.9 zeigt die Modifikation für die Suche der Abhängigkeiten. Dazu wurde in der Adjazenzmatrix jede leere Zelle in einer Zeile gelöscht.

Für die Einfluss- oder Abhängigkeitssuche wird das Ergebnis damit nicht verändert, der Algorithmus aber dahingehend optimiert, dass er keine leeren Zellen zusätzlich durchsuchen muss. Dadurch werden im Schnitt lediglich 22 Elemente statt 435 Elemente durchsucht. Als weitere Optimierung wurden die Elemente des Baumes in zehn Spalten hinsichtlich der ersten Ziffer des Elements aufgeteilt. Diese sehr effiziente Methode verkürzte die Laufzeit des Algorithmus bezogen auf einen Parameter von zwei Stunden auf drei Minuten. Für eine vollständige Suche der Einflüsse sowie der Abhängigkeiten sind im Vergleich zu vor der Optimierung keine 73 Tagen mehr notwendig, sondern nur noch zwei Tage. Abb. 7.5 zeigt das Nassi-Shneiderman-Diagramm für den Algorithmus der Abhängigkeitssuche bezogen auf die Fragen 1 bis 4.

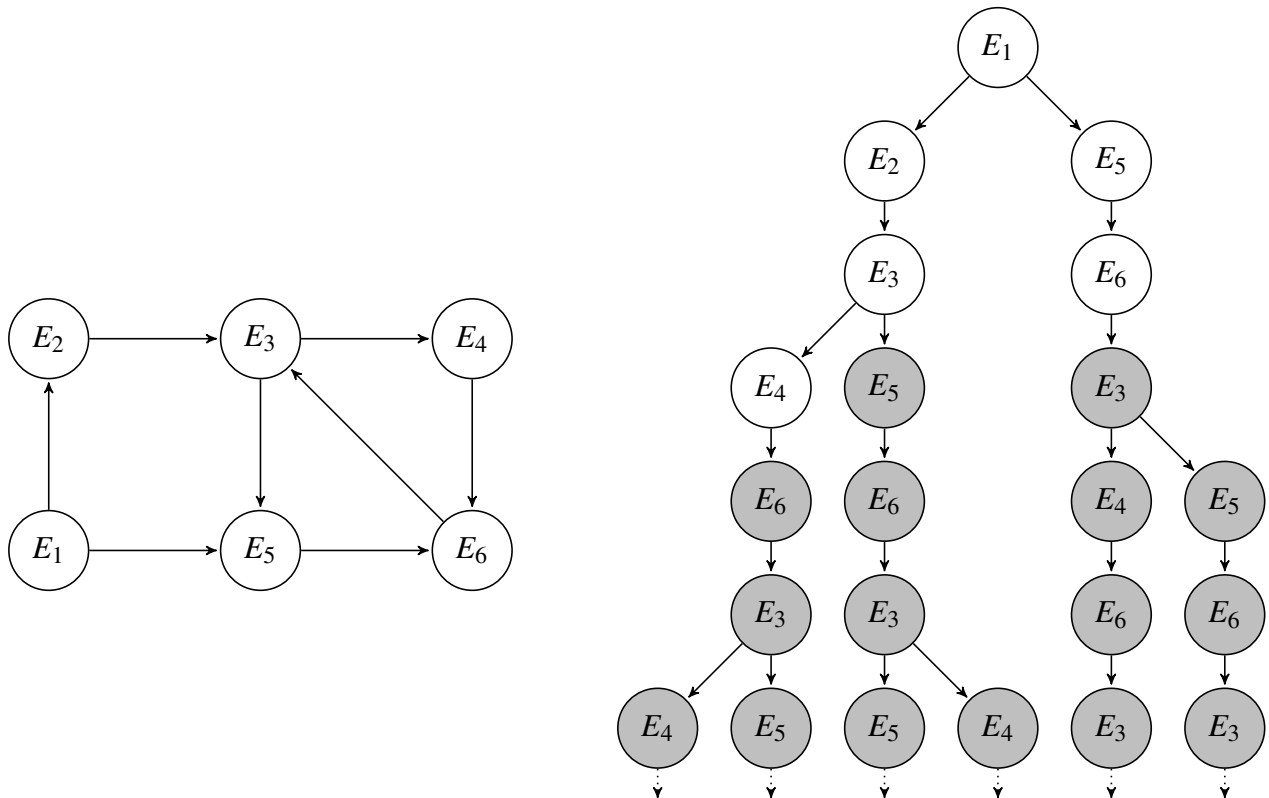


Abbildung 7.6: Breitensuche ohne Einschränkung

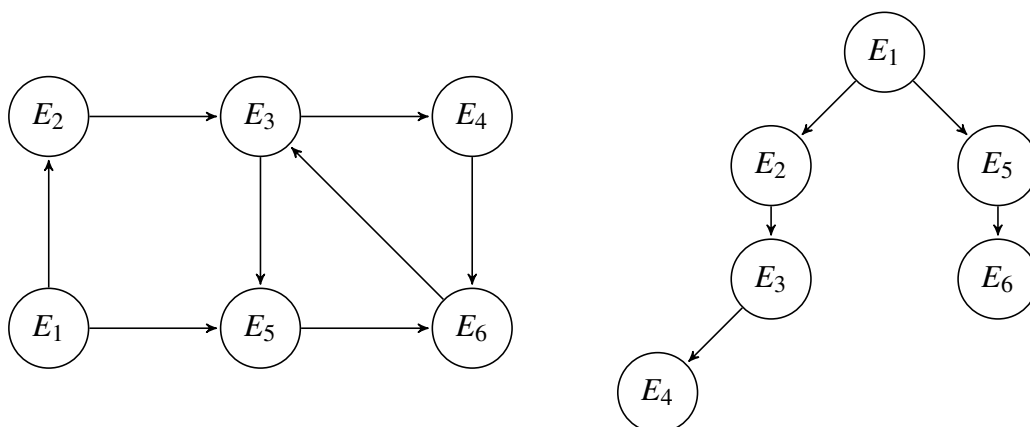


Abbildung 7.7: Breitensuche mit Einschränkung

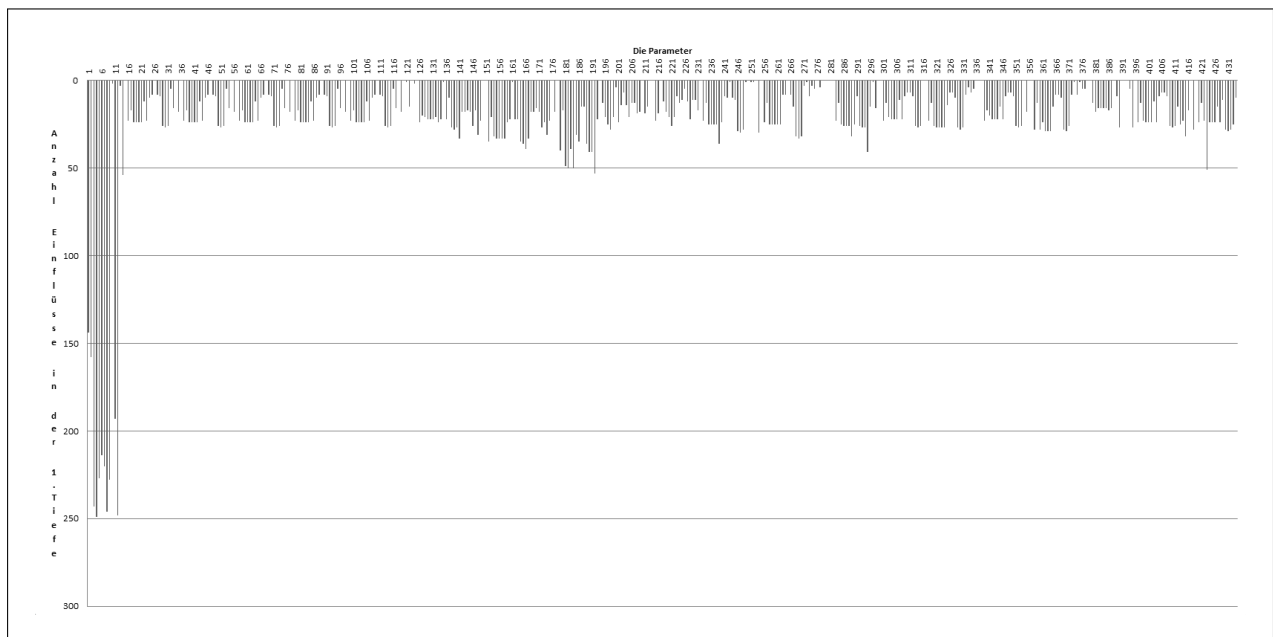
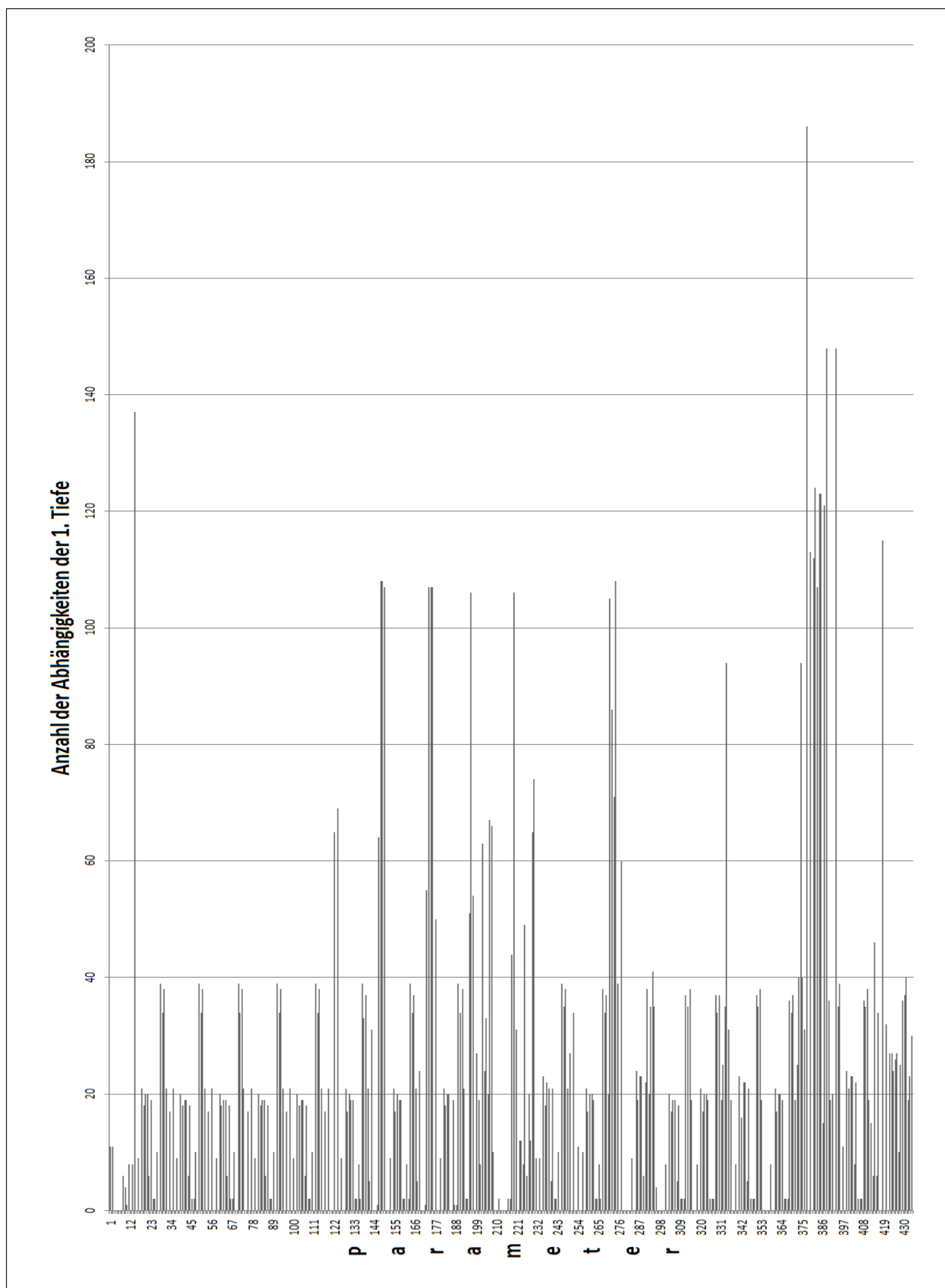


Abbildung 7.8: Modifikation von $A_1(G)$ für die Einflussuche

Die modifizierten Tabellen haben als zusätzlichen Vorteil, dass die Anzahl der Einflüsse und der Abhängigkeiten der ersten Tiefe direkt visuell erkennbar sind. In Abb. 7.8 erkennt man, dass die Parameter der Missionsanalyse (Parameter 2-15, vergleiche hierzu Tab. A.4 und Tab. A.5) in der ersten Tiefe einen sehr großen Einfluss auf das Gesamtsystem haben. Im Vergleich dazu haben die weiteren Parameter einen durchschnittlichen gleichen Einfluss auf das Raumfahrzeug. In Abb. 7.9 erkennt man, dass in der ersten Tiefe kein Subsystem für sich alleine eine herausstechende Rolle bezogen auf die Abhängigkeit der Parameter von anderen Parametern in Anspruch nimmt. Jedoch stechen einzelne Parameter ($z_{15}, z_{148}, z_{149}, z_{150}, z_{174}, z_{175}, z_{176}, z_{197}, z_{220}, z_{272}, z_{275}, z_{378}, z_{383}, z_{384}, z_{385}, z_{386}, z_{388}, z_{389}, z_{394}$ und z_{419} , vergleiche hierzu Tab. A.4 und Tab. A.5) heraus, die jeweils eine Abhängigkeit in der ersten Tiefe haben, die größer als 100 ist. Das Subsystem „Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration“ hat dabei mit insgesamt sieben Parametern den größten Anteil.

Abbildung 7.9: Modifikation von $A_1(G)$ für die Abhängigkeitssuche

Kapitel 8

Auswertung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Breitensuche der Parameter der Matrix $A_1(G)$ diskutiert. Ferner wird der „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ (EAF) eingeführt, um mögliche Gewichtungsvorschläge geben zu können. Für die Auswertungen wird eine Standard-Tabelle verwendet, die in Tab. 8.1 näher erläutert wird.

8.1 Die Einflüsse

Die reduzierte Grafik der Einflüsse der Parameter (siehe Abb. 7.8) gibt die Tiefe 1 für die Parameter wieder. Wie in Kapitel 7 beschrieben wurde ausgehend von der Tiefe 1 eine Breitensuche für die Einflüsse durchgeführt.

8.1.1 Die Parameter Einflüsse

In Tab. 8.2 stehen die zusammengefassten Ergebnisse der Breitensuche für die Einflüsse der einzelnen Parameter. Im Durchschnitt hat ein Parameter Einfluss auf 288,6 Parameter. Zum Erreichen des letzten der durchschnittlichen 288,6 Parameter des Baumes beträgt die durchschnittliche Tiefe 6,4. Der maximal erreichbare Wert eines Parameters liegt bei 299, hingegen beträgt die minimale Anzahl 2. Die maximale Tiefe 11, die während der Breitensuche erreicht wird, tritt insgesamt drei mal auf.

In Abb. 8.1 ist die Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Parameter über alle Tiefen für die Breitensuche dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Anzahl von 296

Tabelle 8.1: Bedeutung der Standardtabelle

Bezeichnung	Bedeutung
Tabellenname	Kapitelabschnitt
Tiefe	Tiefe der Breitensuche
Treffer Total	Gesamtanzahl aller Treffer aller Parameter in der Tiefe
Max	Maximum der Treffer eines Parameters in der Tiefe
Min	Minimale Anzahl der Treffer eines Parameters in der Tiefe
Häufigkeit	Anzahl der Parameter, die in der Tiefe angesprochen werden
MaxØ	Maximale Anzahl aller Treffer eines Parameters über alle Tiefen
MinØ	Minimale Anzahl aller Treffer eines Parameters über alle Tiefen

Tabelle 8.2: Zusammenfassung der Parameter Einflüsse auf Parameter aus Tab. A.7

Tiefe	Treffer Total	Max	Min	Durchschnitt	Häufigkeit
1	9513	249	1	25,23	377
2	29583	246	1	78,47	377
3	30691	204	2	81,41	367
4	6699	162	1	17,77	360
5	7689	137	1	20,40	349
6	9778	137	1	25,94	211
7	8334	137	9	22,11	131
8	5045	137	9	13,38	113
9	1149	137	9	3,05	73
10	292	13	7	0,77	32
11	27	9	9	0,07	3
12	0	0	0	0,00	0
Ø 6,35	Ø 288,59	299	2		

Treffern 78 % der Gesamthäufigkeit beträgt.

8.1.2 Die Kanten Einflüsse

In Tab. 8.3 stehen die zusammengefassten Ergebnisse der Breitensuche für die Einflüsse der einzelnen Kanten. Im Durchschnitt hat eine Kante Einfluss auf 6884,97 Kanten. Zum Erreichen der letzten der durchschnittlichen 6884,97 Kanten des Baumes beträgt die durchschnittliche Tiefe 7,36. Der maximale erreichbare Wert eines Parameters liegt bei 7273, hingegen beträgt die minimale Anzahl 3. Die maximale Tiefe 12, die während der Breitensuche erreicht wird, tritt insgesamt bei 3 Parametern auf.

In Abb. 8.2 ist die Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Kanten über alle Tiefen für die Breitensuche dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Anzahl von 7024 Treffern 68 % der Gesamthäufigkeit beträgt. Es ist zusätzlich zu beachten, dass der Wert 0 % immer größer Null ist und lediglich auf Grund der Darstellungsform gleich Null gesetzt wurde.

8.1.3 Zusammenhang des Ergebnisses der Einflüsse der Parameter auf Parameter und Kanten

Wird Abb. 8.1 mit Abb. 8.2 verglichen, fällt auf, dass bei beiden Ergebnissen ein Modalwert¹ für die Treffer der Breitensuche vorliegt. Die prozentuale Häufigkeit des Modalwertes für die Einflüsse auf Parameter (75%) ist etwa gleich der prozentualen Häufigkeit des Modalwertes für die Einflüsse auf Kanten (68%). Die diskrete Anzahl (296) des maximalen Einflusses eines Parameters auf andere Parameter unterscheidet sich jedoch drastisch von der diskreten Anzahl (7024) des maximalen Einflusses eines Parameters auf Kanten. Zunächst ist dabei zu beachten, dass die maximale Anzahl der zu beeinflussenden Parameter nicht größer als 377 (Anzahl aller Parameter in Tiefe 1,

¹In der Statistik beschreibt der Modalwert oder auch Modus den Wert, der mit der größten Wahrscheinlichkeit in einer Urliste auftritt[30].

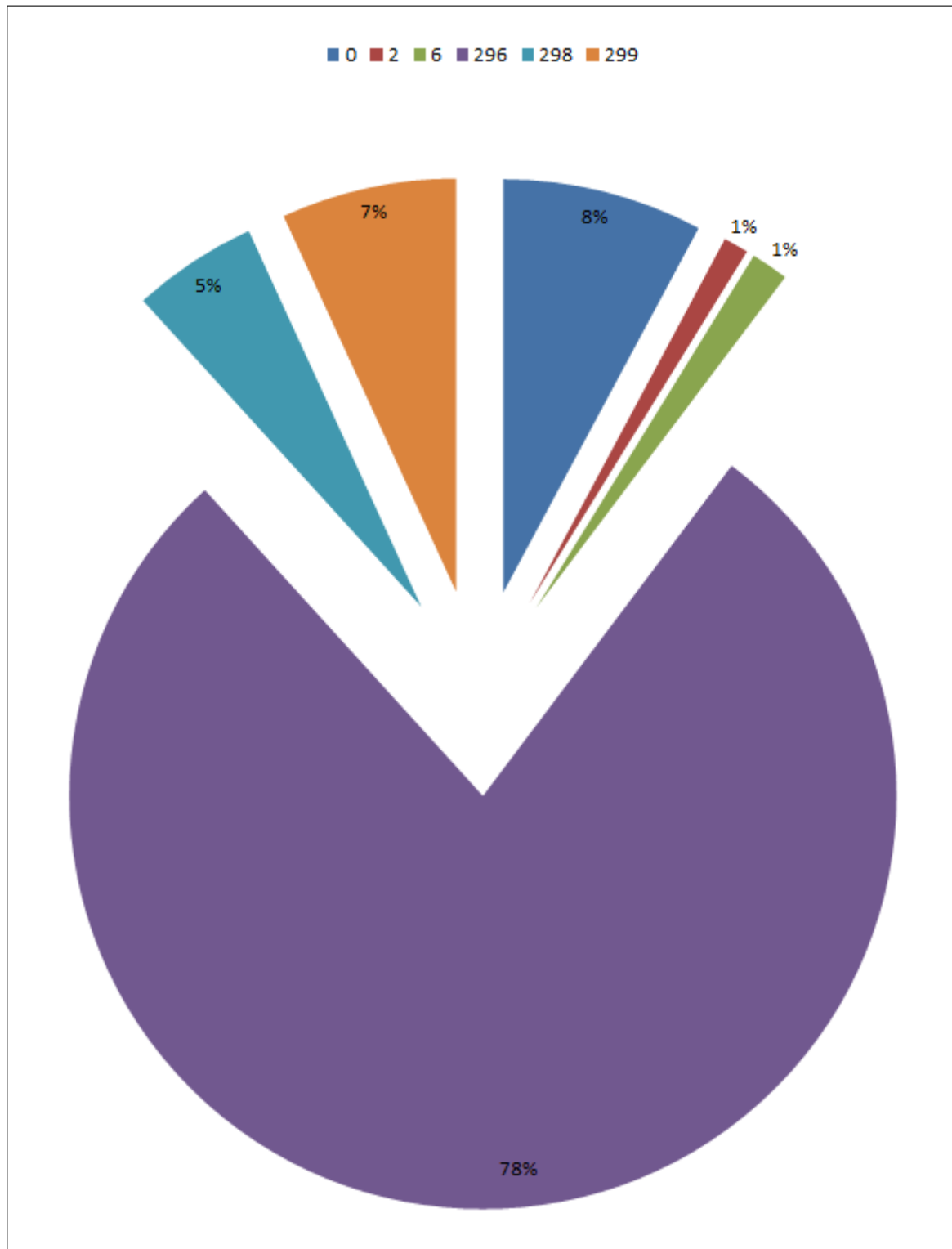


Abbildung 8.1: Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Parametern über alle Tiefen für die Breitensuche

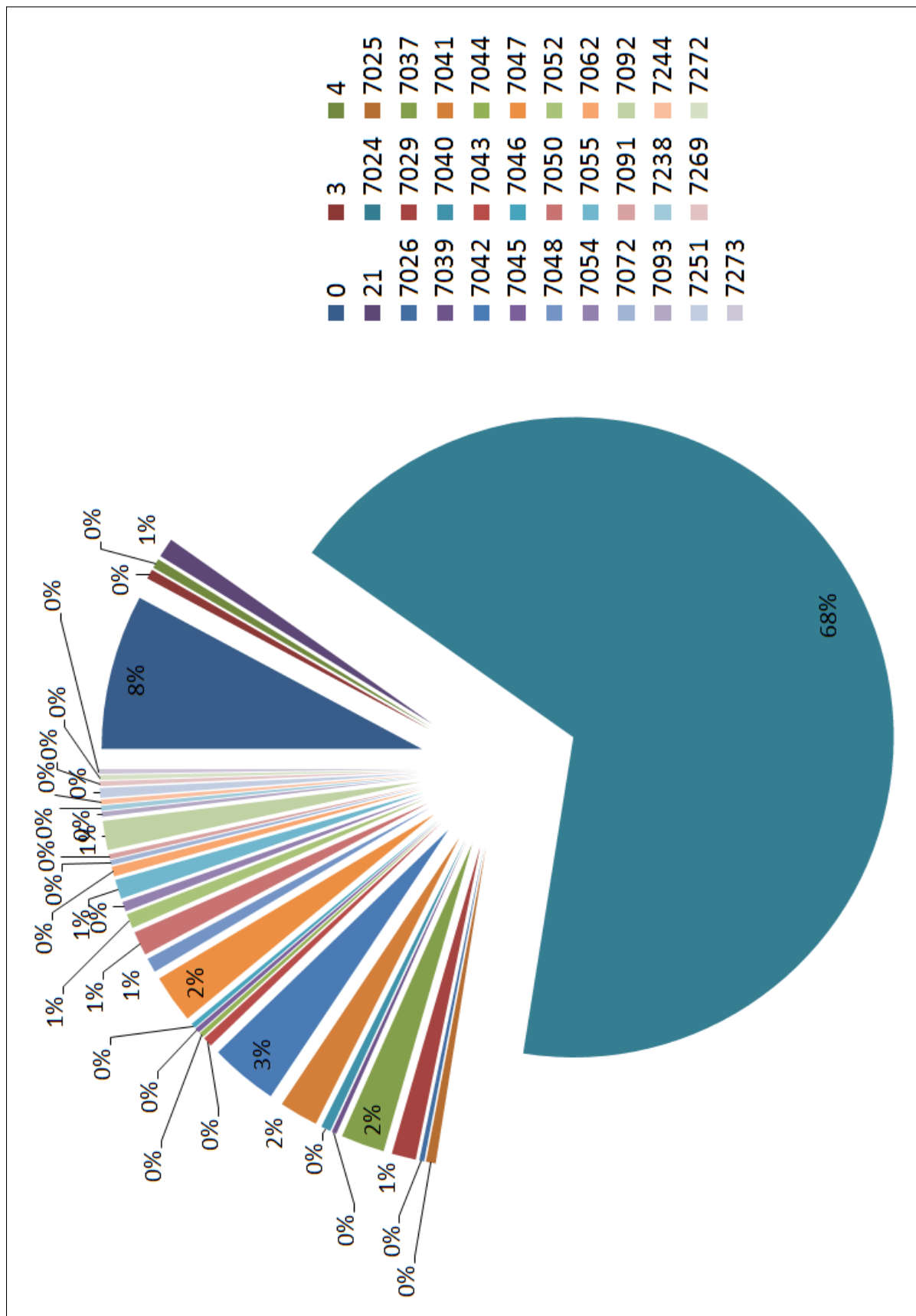


Abbildung 8.2: Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Kanten über alle Tiefen für die Breitensuche

Tabelle 8.3: Zusammenfassung der Parameter Einflüsse auf Kanten aus Tab. A.9

Tiefe	Treffer Total	Max	Min	Durchschnitt	Häufigkeit
1	9513	249	1	25,23	377
2	188047	6088	1	498,80	377
3	634509	5831	1	1683,05	376
4	684090	5213	36	1814,56	369
5	182442	3567	24	483,93	362
6	238397	3135	24	632,35	351
7	254914	3127	24	676,16	211
8	207088	3127	228	549,31	131
9	134584	3127	450	356,99	112
10	44021	3123	445	116,77	73
11	16445	528	445	43,62	32
12	1584	528	528	4,20	3
Ø 7,36	Ø 6884,97	7273	3		

siehe Tab. 8.2) sein kann. Ein Wert von 377 bedeutet, dass der Parameter auf alle Parameter einen Einfluss ausüben würde. Dies hätte zur Folge, dass nach dem Gesetz der Transitivität ebenso alle anderen Parameter Einfluss auf jeden anderen Parameter hätten. Dies tritt hier jedoch nicht auf (siehe „Max Ø“ in Tab. 8.2). Die $A_1(G)$ weist insgesamt 9513 Element, die von Null verschieden sind auf. Daraus folgt, dass die maximale Anzahl der Einflüsse die ein Parameter auf Kanten haben kann, die Zahl 9513 nicht übersteigen kann. Da kein Parameter existiert der einen Einfluss auf alle Parameter ausübt, existiert zwangsläufig ebenso kein Parameter der einen Einfluss auf alle Kanten ausübt (siehe „Max Ø“ in Tab. 8.3). Würde es einen Parameter geben, der einen Einfluss auf alle Kanten hätte, müsste dieser Parameter gleichzeitig auch alle Parameter besuchen. Zwischen den beiden Ereignisse der Vollständigkeit, dass ein Parameter einen Einfluss auf alle Kanten und alle Parameter hat, besteht demnach eine Korrelation. Dass die diskrete Anzahl des maximalen Einflusses eines Parameters auf Kanten der Art größer ausfällt, lässt sich anhand Abb. 8.3 leicht erläutern. Bezogen auf die Suche nach Parametern erlangt der Parameter „Höhe“ drei Treffer, hingegen bezogen auf die Suche nach Kanten, erlangt der Parameter „Höhe“ im selben System neun Treffer. Das Ereignis für die Anzahl der Treffer der Kanten beeinflusst daher das Ereignis für die Anzahl der Treffer der Parameter kausal. Eine Kausalität zwischen dem Ereignis für die Anzahl der Treffer der Parameter und dem Ereignis für die Anzahl der Treffer der Kanten existiert demnach nicht.

8.2 Die Abhängigkeiten

8.2.1 Die Parameter Abhängigkeiten

In Tab. 8.4 stehen die zusammengefassten Ergebnisse der Breitensuche für die Abhängigkeiten der einzelnen Parameter. Im Durchschnitt ist ein Parameter abhängig von 320 Parametern. Zum Erreichen des letzten der durchschnittlichen 320 Parameter des Baumes beträgt die durchschnittliche Tiefe 7,19. Der maximale erreichbare Wert eines

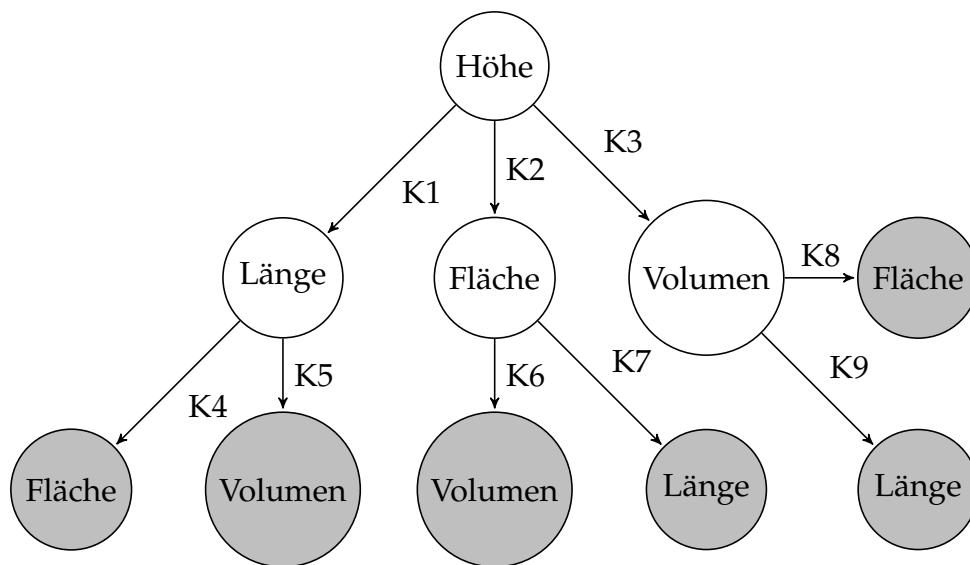


Abbildung 8.3: Darstellung des Unterschiedes der Diskreten Werte von Parametern und Kanten

Parameters liegt bei 373, hingegen beträgt die minimale Anzahl 1. Die maximale Tiefe 11, die während der Breitensuche erreicht wird, tritt insgesamt neun Mal auf.

In Abb. 8.4 ist die Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl der abhängigen Parameter über alle Tiefen dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Anzahl von 367 Parametern 70 % der Gesamthäufigkeit beträgt.

8.2.2 Die Kanten Abhängigkeiten

In Tab. 8.5 stehen die zusammengefassten Ergebnisse der Breitensuche für die Abhängigkeiten der einzelnen Kanten. Im Durchschnitt ist ein Parameter Abhängig von 7469,03 Kanten. Zum Erreichen der letzten der durchschnittlichen 7469,03 Kanten des Baumes beträgt die durchschnittliche Tiefe 8. Der maximale erreichbare Wert eines Parameters liegt bei 8932 Kanten, hingegen beträgt die minimale Anzahl 1. Die maximale Tiefe 12, die während der Breitensuche erreicht wird, tritt insgesamt neun mal auf.

In Abb. 8.5 ist die Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Kanten über alle Tiefen für die Breitensuche dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Anzahl der Treffer von 8569 Kanten 68% der Gesamthäufigkeit beträgt.

8.2.3 Zusammenhang des Ergebnisses der Abhängigkeit der Parameter von Parametern und Kanten

Ebenso wie bei den Einflüssen (siehe Abschnitt 8.1.3) fällt auch bei den Abhängigkeiten auf, dass wenn man Abb. 8.4 mit Abb. 8.5 vergleicht bei beiden Ergebnissen ein Modulwert für die Treffer der Breitensuche existiert. Für den Fall der Abhängigkeit liegen die Modulwerte für die Parameter (70%) und die Kanten (68%) sogar noch dichter beisammen.

Tabelle 8.4: Zusammenfassung der Parameter Abhängigkeiten von Parametern aus Tab. A.10

Tiefe	Treffer Total	Max	Min	Durchschnitt	Häufigkeit
1	9513	245	1	25,39	340
2	29531	267	1	78,33	335
3	30616	246	5	81,21	296
4	6391	246	1	16,95	296
5	7614	138	1	20,20	257
6	9778	78	1	25,94	253
7	8467	41	3	22,46	249
8	5319	41	3	14,11	227
9	1175	41	2	3,12	159
10	310	31	3	0,82	22
11	27	3	3	0,07	9
12	0	0	0	0,00	0
Ø 7,19	Ø 320,00	373	0		

Tabelle 8.5: Zusammenfassung der Parameter Abhängigkeiten von Kanten aus Tab. A.8

Tiefe	Treffer Total	Max	Min	Durchschnitt	Häufigkeit
1	9513	186	1	25,23	340
2	187995	4594	1	498,66	335
3	723368	5440	2	1918,75	297
4	776183	5272	11	2058,84	296
5	120748	5271	36	320,29	278
6	117485	3286	47	311,63	255
7	189125	2322	49	501,66	251
8	223162	1089	49	591,94	250
9	153352	1089	49	406,77	227
10	28906	1089	25	76,67	159
11	9193	959	43	24,38	22
12	441	9	9	1,17	9
Ø 8,00	Ø 7469,03	8932	0		

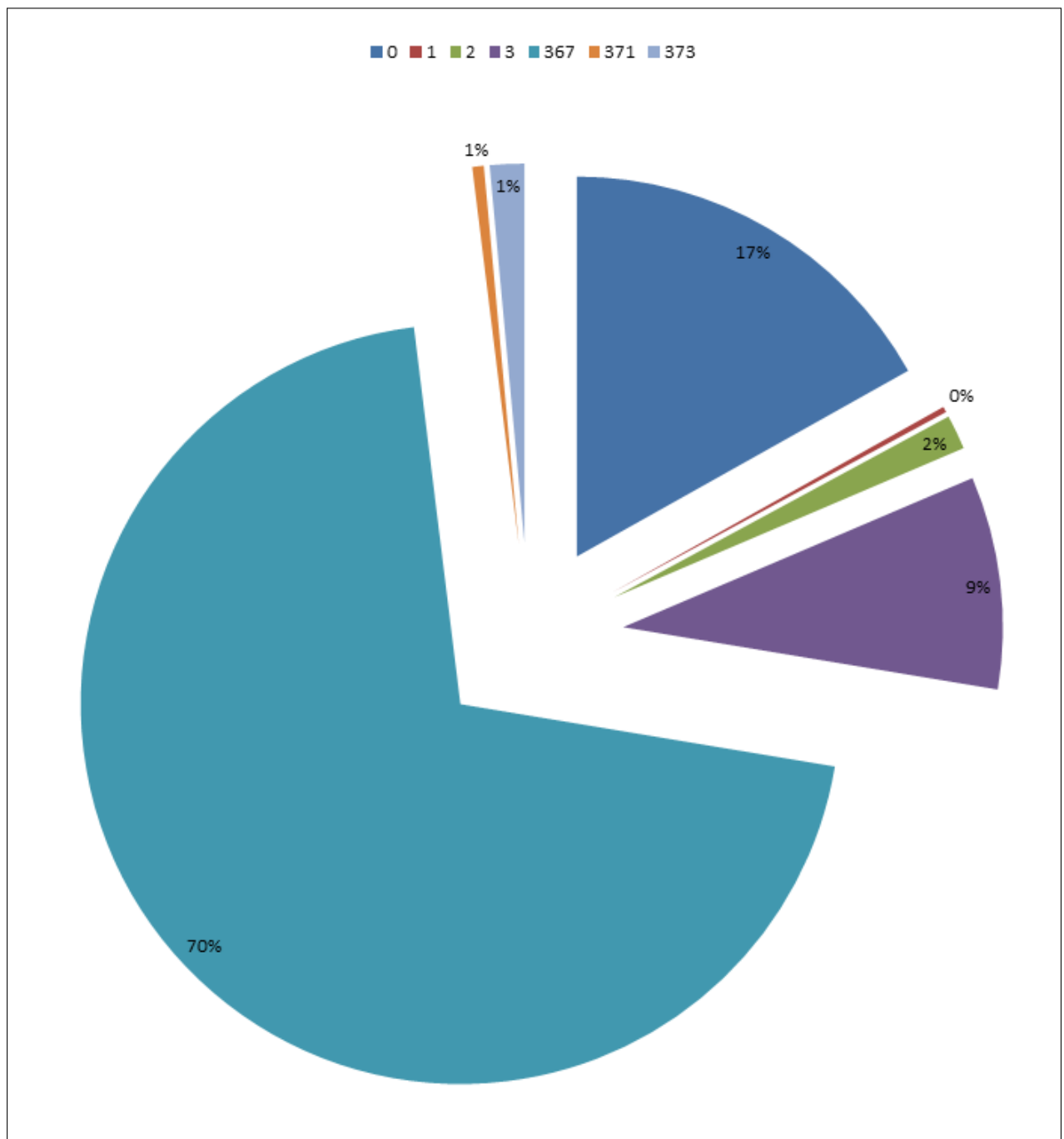


Abbildung 8.4: Abhängigkeit von Parametern über Treffer

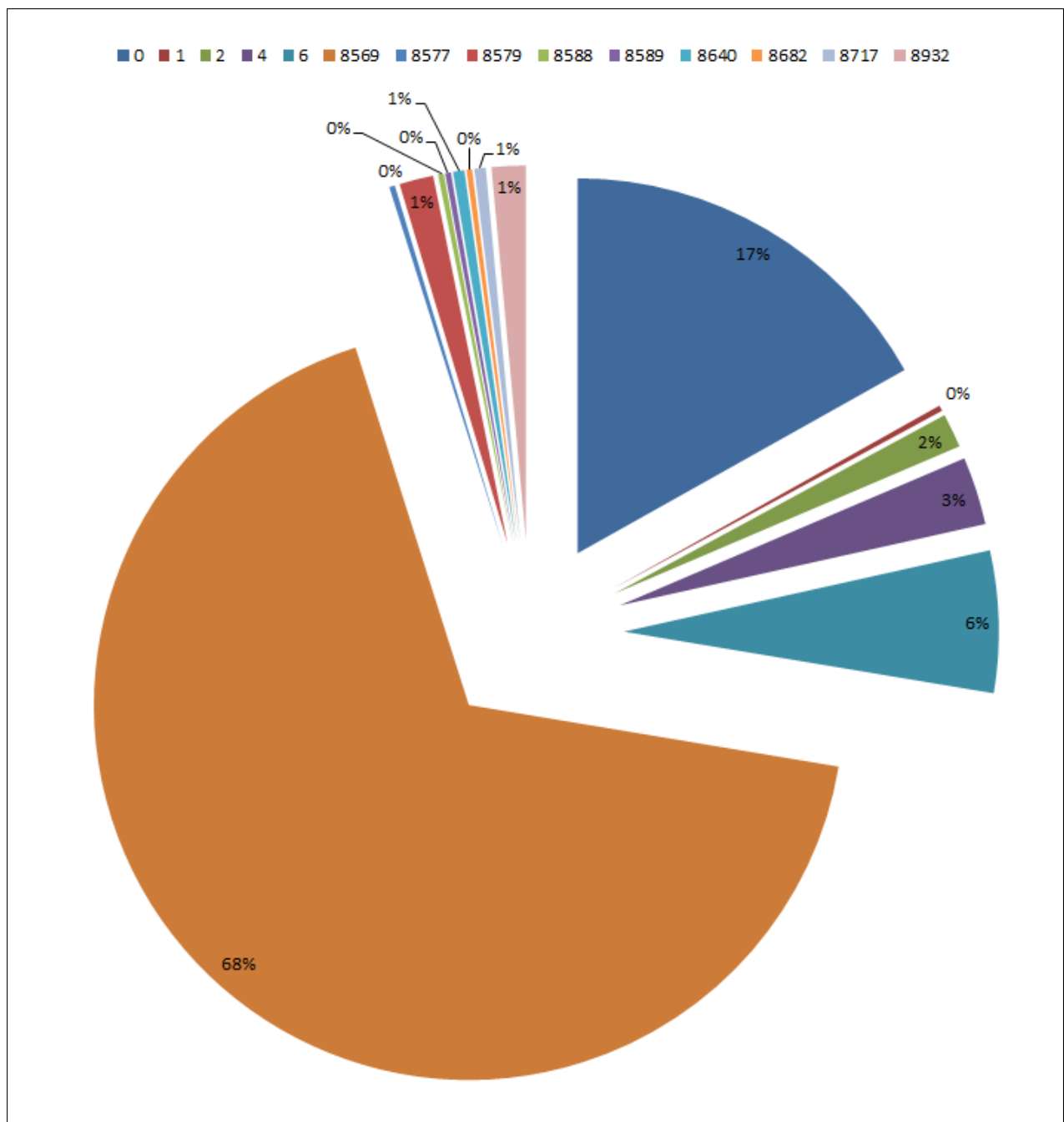


Abbildung 8.5: Abhängigkeiten von Knoten über Treffer

Tabelle 8.6: Zusammenfassung des „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ aus Tab. A.11

Tiefe	Häufigkeit für	EAF>0	EAF=E	EAF=A	Max	Min
1	391	326	51	14	57,00	0,01
2	389	323	54	12	83,00	0,01
3	388	275	92	21	25,67	0,01
4	385	271	89	25	46,00	0,01
5	379	227	122	30	69,00	0,01
6	372	92	119	161	68,00	0,03
7	363	17	114	232	45,67	0,32
8	324	16	97	211	45,00	0,29
9	221	11	62	148	45,67	0,23
10	48	6	26	16	4,33	0,00
11	12	0	3	9	0,00	0,00
12	0	0	0	0	0,00	

8.3 Der E/A Faktor

Der „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ gibt das Verhältnis von Einfluss zu Abhängigkeit eines Parameters für eine bestimmte Tiefe wieder. Die Einführung dieses Faktors soll für spätere Arbeiten ein erster Anhaltspunkt für die Gewichtung des Parameters innerhalb eines Algorithmus sein. Für den „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ sind fünf Fälle definiert: Sollte die Anzahl der Einflüsse größer der Anzahl der Abhängigkeiten eines Parameters in einer Tiefe sein, dann ist der „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ größer eins. Sollte die Anzahl der Einflüsse hingegen kleiner der Anzahl der Abhängigkeiten des Parameters in einer Tiefe sein, so ist der „Faktor“ kleiner eins. Existieren in einer Tiefe nur noch Einflüsse oder Abhängigkeiten für einen Parameter, so ist der „Faktor“ entweder gleich „E“ beziehungsweise gleich „A“. Diese Werte bedeuten, dass ein Parameter entweder nur noch einen Einfluss beziehungsweise nur noch eine Abhängigkeit in der jeweiligen Tiefe aufweist. Für die weiteren Tiefen des Parameters lässt sich dadurch eine direkte Einschränkung treffen, da ein Einfluss oder eine Abhängigkeit nicht mehr auftreten kann. Wenn sowohl die Einflüsse als auch die Abhängigkeiten in einer Tiefe nicht mehr existenz sind, so ist zwangsläufig der „Faktor“ gleich null.

Tab. 8.6 stellt die Ergebnisse des „Einfluss zu Abhängigkeits Faktors“ für alle Parameter dar. Hier sind die Tiefen 5 und 7 besonders auffällig. Ab Tiefe 5 ist ein starker Abfall von gemeinsamen Einflüssen und Abhängigkeiten zu erkennen. In Tiefe 7 ist dann die alleinige Abhängigkeit der Parameter deutlich höher als die alleinigen Einflüsse, des Weiteren ist die Anzahl von Einflüssen und Abhängigkeiten geringer als 33%. Abb. 8.6 stellt die Änderung des „Einfluss zu Abhängigkeits Faktors“ für die Bereiche größer null (Blau), nur Einflüsse (Rot) und nur Abhängigkeiten (Grün) jeweils in Prozent über die Tiefen dar. Dabei erkennt man, dass ab der Tiefe 6 die Abhängigkeit sowohl höher als die Einflüsse als auch das Gesamt Einfluss zu Abhängigkeits Verhältniss ist.

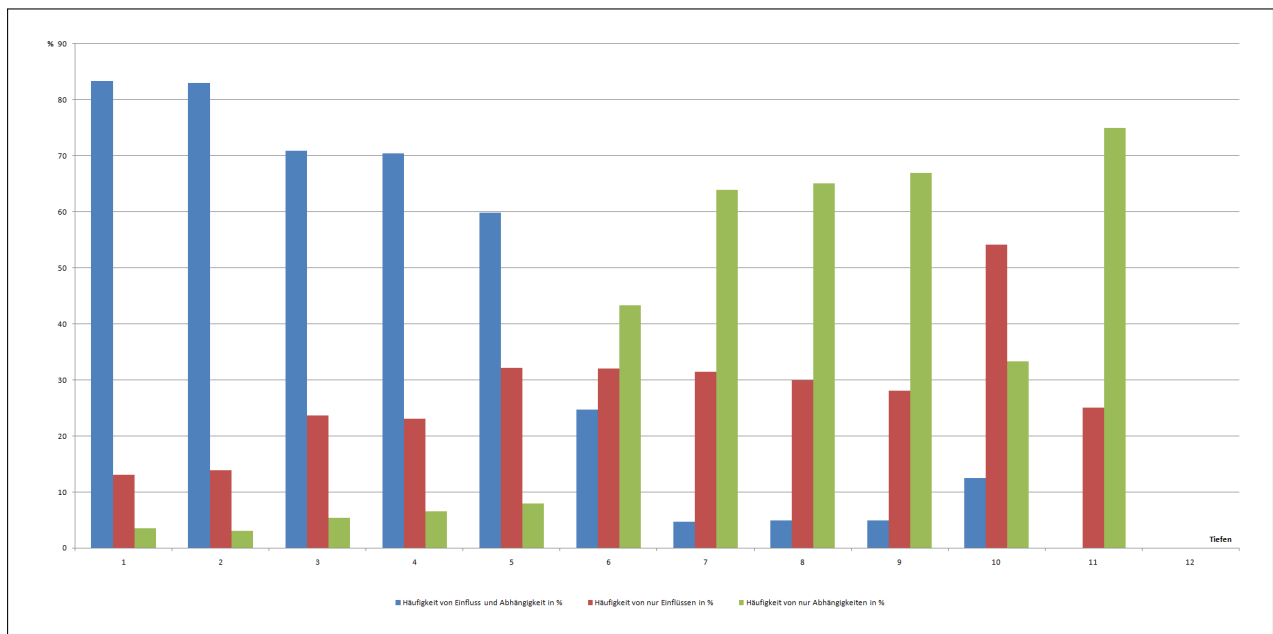


Abbildung 8.6: EAF Verteilung über die Tiefe

8.4 Beispiel der Auswertung anhand der Startmasse

Die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Auswertungen werden hier hinsichtlich der Startmasse als Beispiel erläutert. Innerhalb der SolmeX-Studie war der Parameter „Startmasse“ jener Parameter, der optimiert werden sollte bzw. für den ein maximaler Wert nicht überschritten werden durfte. Bezogen auf die Auswertung wird die Abhängigkeit des Parameters betrachtet. Für die „Startmasse“ ergibt sich für die Abhängigkeit eine maximale Anzahl anderer Parameter von 367, die innerhalb von sieben Tiefen angesprochen werden. Innerhalb von acht Tiefen werden 8569 Kanten durchlaufen. Dabei fällt auf, dass die Anzahl der Tiefen für Parameter geringer als die Anzahl der Tiefen für angesprochene Kanten ist. Bezogen auf die Einschränkung der Breitensuche (vergleiche Abschnitt 7.3), dass lediglich Kanten angesprochen werden, die noch nicht aufgerufen wurden, aber die auf Parameter verweisen, die schon angesprochen wurden, bedeutet dies, dass mehrere Kanten auf einen Parameter verweisen können und somit besucht werden (vergleiche hierzu auch Abb. 8.3). Für eine spätere Optimierung des Gesamtsystems ist dieses Erkenntnis hinsichtlich einer Gewichtung von Kanten oder Parametern wichtig, da man dadurch steuern kann, wie schnell ein Parameter angesprochen werden soll. Die Ergebnisse der Breitensuche bezogen auf Kanten für den Parameter „Startmasse“ sind in Tab. 8.8 dargestellt. Die Ergebnisse der Breitensuche bezogen auf Parameter für den Parameter „Startmasse“ sind in Tab. 8.7 dargestellt.

8.4.1 Zusammenhang des Gesamtergebnisses

Bei der Untersuchung der Gesamtergebnisse der $A_1(G)$ ist aufgefallen, dass sowohl bei den Einflüssen als auch bei den Abhängigkeiten für Parameter oder Kanten jeweils ein Modulwert existiert. Neben diesem einen Wert gibt es noch weitere Einzelwerte,

Tabelle 8.7: Gesamtdarstellung der Breitensuche für den Parameter „Startmasse“ bezogen auf andere Parameter

Tiefe	Einfluss auf Parameter	Abhängig von Parameter	EAF
1	28	112	0,88
2	59	111	0,48
3	183	26	1,95
4	15	40	0,36
5	11	41	0,27
6		31	A
7		3	A
8			
Summe	296	367	

Tabelle 8.8: Gesamtdarstellung der Breitensuche für den Parameter „Startmasse“ bezogen auf Kanten

Tiefe	Einfluss auf Kanten	Abhängig von Kanten	EAF
1	28	115	0,88
2	553	2752	0,82
3	1115	2975	0,37
4	4248	112	1,91
5	516	518	0,98
6	564	1089	0,52
7		959	A
8		49	A
Summe	7024	8569	

die in einer geringen prozentualen Verteilung auftraten. Bezüglich des Begriffs der Transitivität lässt sich das Ergebnis bezogen auf das Gesamtsystem eines Raumfahrzeugs dahingehend erklären, dass eine große Anzahl von Parametern beziehungsweise Komponenten existieren die in einem engen Kontakt zueinander stehen. Bezogen auf die komplexe Struktur eines Raumfahrzeugs ist dies leicht nachzuvollziehen. Es existieren jedoch ferner auch Parameter beziehungsweise Komponenten, die in sich ein abgegrenztes System darstellen können. Innerhalb der Auswertung ist es ebenfalls auffällig, dass die Gesamtanzahl der Abhängigkeiten sowohl für Kanten als auch für Parameter höher ist, als die Gesamtanzahl der Einflüsse. Dieser Unterschied lässt sich anhand des Subsystems „Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration“ gut darstellen. Die Struktur eines Raumfahrzeugs ist von jeder Masse jeder Komponente abhängig. Die Masse der Struktur übt jedoch nur auf einzelne Komponenten oder Subsystem einen Einfluss aus. Ebenso ist „Konfiguration“ von jedem Maß jeder Komponenten oder Subsystem abhängig, übt im Vergleich aber nur vereinzelt einen Einfluss auf andere Komponenten oder Subsysteme aus. Ferner lässt sich ebenfalls „Missionsanalyse“ als weiteren Grund für die Diskrepanz zwischen Einfluss und Abhängigkeit heranziehen. „Missionsanalyse“ übt überwiegend einen Einfluss auf alle Subsysteme und fast alle Komponenten aus. Im Gegensatz dazu ist „Missionsanalyse“, im besonderen die einzelnen Parameter bis auf „Bahnstörungen“ lediglich von den Parametern von „Missionsanalyse“ abhängig (vergleiche hierzu Abb. 7.8 mit Abb. 7.9 und die die zugehörigen Tabellen Tab. A.9 und Tab. A.10).

8.4.2 Vergleich mit dem „Kleine-Welt-Phänomen“

Das „Kleine-Welt-Phänomen“ (engl. small world phenomenon) wurde erstmalig 1967 von Stanley Milgram beschrieben. Der Begriff bezeichnet das Phänomen, nachdem jeder Mensch auf der Welt über einen relativ kurzen Weg mit allen anderen Menschen auf der Welt verbunden ist. Diese Hypothese wurde 2007 bestätigt [28], nachdem das Kommunikationsprofil von 240 Millionen Nutzern der Kommunikationsoberfläche „Microsoft Messenger“ (MSN) untersucht wurde. Innerhalb dieser Untersuchung wurde ebenfalls die Graphentheorie angewendet und ist somit vergleichbar mit der hier vorliegenden Arbeit. Die Arbeit von Leskovec und Horvitz umfasste neben den 240 Millionen Nutzern (Parameter) 1,3 Milliarden Verbindungen (Kanten). Obwohl die Belegungsdichte² von [28] mit 5,42 wesentlich geringer ist als die hier präsentierte Belegungsdichte von 23,43, ist die durchschnittliche Tiefe, mit der ein Modulwert erreicht wird, etwa gleich. Der Modulwert der hier vorliegenden Arbeit wird durchschnittlich von 74% der Parameter innerhalb der durchschnittlichen 7,22 Tiefen erreicht. Im Vergleich dazu tritt der Modulwert von [28] bei 78% der Parameter auf, die dazu im Durchschnitt 7 Tiefen benötigen. Demnach kann eine Person innerhalb von sieben Bekanntschaften jeden Menschen auf der Welt kennenlernen [28].

²Verhältniss von Verbindungen zu Parametern

Kapitel 9

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand der SolmeX-Studie, die am Institut für Raumfahrtssysteme des DLR innerhalb der dafür vorgesehenen SE-Umgebung durchgeführt wurde, eine Analyse des Parameterraums des SolmeX-Raumfahrzeugs durchgeführt. Dabei wurde zunächst die Entwicklung eines Raumfahrzeugs und dessen Subsysteme im Allgemeinen betrachtet. Als Grundlage für die Arbeit wurde in knapper Form die SolmeX-Studie und das damit verbundene Raumfahrzeug vorgestellt.

Ausgehend von den Hauptparametern der SolmeX-Studie und unter Berücksichtigung der Aufgaben der Subsysteme des SolmeX-Raumfahrzeugs wurden die benötigten Parameter analysiert und gesammelt. Zu Beginn der Arbeit wurden zunächst die Hauptparameter geordnet und die Voraussetzung für die Gesamtheit eines Parameterraums durch Heranziehen von externen Parametern definiert und durchgeführt. Zur Auswertung der Relationen der einzelnen Parameter innerhalb des Parameterraums wurde die Graphentheorie als mathematisches Werkzeug gewählt. Die Graphentheorie hat sich während der Arbeit als nützlich hinsichtlich einer grafischen Auswertung als auch bezüglich der Entwicklung von Algorithmen gezeigt. Der verwendete Algorithmus beruht auf der Analyse der Breitensuche, in der ebenfalls eine Aussage hinsichtlich der Tiefen der Breitensuche gegeben wurde. So hat sich gezeigt, dass im Durchschnitt maximal 7,22 Tiefen durchlaufen wurden, um einen Parameter oder eine Kante zu erreichen. Das „Kleine-Welt-Phänomen“ postuliert innerhalb der Kommunikationsbranche, dass jeder Mensch über 7 Tiefen (Ecken) jeden Menschen auf der Welt kennt [28]. Dies bietet somit eine Vergleichsmöglichkeit des mit in dieser Arbeit erzielten Ergebnisses. Des Weiteren konnte durch die Graphentheorie eine Aussage bezüglich der Abhängigkeit unter den Parametern sowie bezüglich des Einflusses von Parametern auf Parameter getroffen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass im Schnitt 74% der Parameter direkt (über die benannten 7,22 Tiefen) miteinander verknüpft sind. Das Verhältniss von Einfluss und Abhängigkeit einzelner Parameter und somit schlussendlich auch für einzelne Subsysteme wurde in der Arbeit herausgearbeitet. Somit wurde gezeigt, dass das Subsystem „Struktur inklusive Mechanismen und Konfiguration“ beispielsweise eine überwiegende Abhängigkeit von anderen Subsystemen beziehungsweise Komponenten aufweist.

Insgesamt wurden in dieser Arbeit 406 Parameter mit 9531 direkten Verbindungen ermittelt und in der $A_1(G)$ zusammengefasst (vergleiche hierzu das Ergebniss von [16] in Kapitel 1).

9.1 Ausblick

Für die Entwicklung eines Algorithmus zur Optimierung von Raumfahrzeugen innerhalb einer SE-Studie ist es notwendig, zunächst eine Aussage bezüglich der benötigten Rechenzeit treffen zu können. Die innerhalb dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse bilden eine Grundlage zur Bestimmung dieser Rechenzeit. In zukünftigen Arbeiten sollte neben der hier dargestellten Breitensuche eine Tiefensuche durchgeführt werden. Das Ergebnis der Suche soll dann mit dem hier präsentierten Ergebnis verglichen und eine Empfehlung hinsichtlich des Algorithmus gegeben werden. Für die Auswahl hinsichtlich einer Tiefen- oder Breitensuche mit dem Ziel der geringsten Rechenzeit bei gleichzeitiger Optimierung des Ergebnisses lässt sich als Vergleichsproblem der Lösungsansatz des „Handlungsreisenden“ [26] (auch „Traveling Salesman Problem“ (TSP)) heranziehen. Weiter sollte beispielsweise für den Parameter Startmasse eine vollständige Breitensuche durchgeführt werden, bei der alle Parameter innerhalb der Tiefen als Variablen betrachtet werden. Ferner sollte als Ergebnis der vollständigen Suche eine Gleichung für die Startmasse aufgestellt werden, die alle abhängigen Parameter inklusive Wertigkeitsfaktoren, enthält. Die Wertigkeitsfaktoren sollten zunächst bezüglich des Parameters „Startmasse“ entwickelt werden, zum Beispiel mit Hilfe der „Einfluss zu Abhängigkeits Faktoren“, und später dann für alle Parameter verallgemeinert werden. Ausgehend von der speziellen Suche soll eine Abschätzung bezüglich des Zeitaufwandes für einen Parameter getroffen werden und gegebenenfalls auf alle Parameter die oben genannten Vorschläge durchgeführt werden. Zum Vergleich mit dem „Kleine-Welt-Phänomen“ sollte untersucht werden, ob ein kausaler Zusammenhang zwischen der Anzahl von Parametern und Verbindungen im Verhältniss zur notwendigen Anzahl der Tiefen zum Erreichen eines Modulwerts besteht (vergleiche hierzu den Unterschied der Belegungsdichte bei gleicher Tiefenanzahl in Abschnitt 8.4.2).

Literaturverzeichnis

- [1] P. Fortescue, J. Stark, G. Swinerd. *Spacecraft Systems Engineering*. John Wiley & Sons Ltd, England 2003
- [2] J.R. Wertz, W.J. Larson. *Space Mission Analysis and Design*. Springer, New York 2007
- [3] V.L. Pisacane. *Fundamentals of Space Systems*. Oxford University Press, Inc., New York 2005
- [4] G.P. Sutton, O.Biblarz. *Rocket Propulsion Elements*. John Wiley & Sons Inc., 2001
- [5] J.E. Prussing, B.A. Conway. *Orbital Mechanics*. Oxford University Press, Inc., New York 1993
- [6] W.Ley, K. Wittmann, W. Hallmann. *Handbuch der Raumfahrttechnik*. Carl Hanser Verlag, München 2011
- [7] T.P. Sarafin *Spacecraft Structures and Mechanisms*. Microcosm Inc., USA 1995
- [8] J.J. Sellers *Understanding Space an Introduction to Astronautics*. The McGraw-Hill Companies, Inc., USA 2005
- [9] G.Maral, M. Bousquet *Satellite Communications Systems*. John Wiley & Sons Inc., 1994
- [10] T.Esch *Raumfahrtantriebe*. (unveröffentlichtes) Vorlesungsskript aus dem Sommersemester 2010 im Fachbereich FB-6 an der FH Aachen, Aachen
- [11] T.Schuman *Integration of System-Level Optimization with Concurrent Engineering Using Parametric Subsystem Modeling*. Massachusetts Institute of Technology, USA 2004
- [12] B.Prasad *Concurrent Engineering Fundamentals*. Prentice-HallPTR,Upper Saddle River,NJ,1996.
- [13] H.-J. Bullinger, J. Warschat *Concurrent Simultaneous Engineering Systems*. Springer-Verlag London Ltd., London 1996
- [14] F.Castellini, M. Lavagna, A. Riccardi, C. Büskens. *Multidisciplinary Design Optimization Models and Algorithms for Space Launch Vehicles*. AIAA
- [15] T. Schuman, O. de Weck, J. Sobieski. *Integrated System-Level Optimization for Concurrent Engineering with Parametric Subsystem Modeling*. AIAA

- [16] M. Avnet, A. Weigel. *An application of the Design Structure Matrix to Integrated Concurrent Engineering*. Acta Astronautica, Elsevier Ltd., 2009
- [17] D. Moorhouse. *The Multidisciplinary Engineer in the Context of Concurrent Engineering*. Canada 1999
- [18] R. Mager, R. Hartmann. *The Satellite Design Office at Astrium - A Success Story of an Industrial Design Center Application*. EuSEC 2000
- [19] S. Wall *Use of Concurrent Engineering in Space Mission Design* JPL, CalTech, USA
- [20] M. Bandecchi, B. Melton, F. Ongaro *Concurrent Engineering Applied to Space Mission Assessment and Design*. Bulletin99, ESA, 1999
- [21] *Concurrent Engineering Guideline for Aerospace Systems*. NASA
- [22] P. Esteves, E. Detsis *Concurrent Engineering at the International Space University*. International Space University, European Space Agency
- [23] B. Dachwald *Introduction to Space Systems*.(unveröffentlichtes) Vorlesungsskript, Space Systems Course, FH Aachen University of Applied Sciences, v1.3, 2010/2011
- [24] V. Maiwald *Concurrent Engineering Study Report - SolmeX*, DLR-RY-CE-R006-2010-3, November 2010
- [25] J.Clark, D.A. Holton *Graphentheorie - Grundlagen und Anwendungen*, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg · Berlin · Oxford, 1994
- [26] V. Turau *Algorithmische Graphentheorie*, ADDISON-WESLEY GmbH, 1996
- [27] G. Tinhofer *Methoden der angewandten Graphentheorie*, Springer Verlag, Wien, 1976
- [28] J.Leskovec, E.Horvitz *Planetary-Scale Views on an Instant-Messaging Network*, Microsoft Research Technical Report, MSR-TR-2006-186, June 2007
- [29] European Space Agency *2010 Call for a Medium-size mission opportunity in ESA's Science Programme for a launch in 2022* 2010
- [30] M. Oestreich, O.Romberg *Keine Panik vor Statistik! Erfolg und Spass im Horrorfach nichttechnischer Studiengänge*. Vieweg+Teubner, GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 2009
- [31] ESA Concurrent Design Facility website: <http://www.esa.int/cdf>, Stand August 2011
- [32] ESA Proba-3 Website: http://www.esa.int/esaMI/Proba/SEMQPC00WUF_0.html, Stand August 2011
- [33] M. Bandecchi *The ESA Concurrent Design Facility: Concurrent Engineering applied to space mission assessments*, http://esamultimedia.esa.int/docs/cdf/CDF_INFOPACK_2010.pdf, Stand März 2011

Abbildungsverzeichnis

2.1	Klassischer Entwurfsprozess (Quelle: ESA)	4
2.2	Concurrent Engineering Facility des DLR Bremen	6
2.3	Simultan-Entwurfsprozess	7
2.4	Vergleich von TE und SE als Jahresvergleich von vor 1995 (TE) und 1996 (SE) beim TeamX, NASA [19]	8
2.5	Grundriss der gesamten CEF des DLR Bremen (Quelle: DLR)	8
2.6	Grundriss vom Hauptraum der CEF des DLR Bremen (Quelle: DLR)	9
2.7	IDM-Equipment Summary (Quelle: DLR)	10
3.1	SolmeX-Instrumente	23
4.1	Algorithmus zur Bestimmung der AS Komponenten	30
4.2	SolmeX AS IDM_MASSE	33
4.3	SolmeX AS IDM_Energieversorgung	34
4.4	SolmeX AS IDM_Temperatur	35
4.5	SolmeX AS IDM_Abmaße	36
5.1	Zuordnung von Parametern	41
6.1	Ein Gerichteter Graph (links). Der zugehörige ungerichtete Graph (rechts)	44
6.2	Darstellung eines Graphenbaums	45
6.3	$A(G)$ als Boolesche Matrix	45
6.4	Ein Graph und die zugehörige Boolesche Matrix	46
6.5	Eigenschaft von E_1 : Einfluss (links) und Abhängigkeit (rechts)	46
6.6	Tiefensuche angewendet auf den Graphen links	47
6.7	Breitensuche angewendet auf den Graphen links	47
6.8	Beispiel der ersten Tiefe (links) und zweiten Tiefe (rechts) einer Breitensuche	48
7.1	Relation zwischen E_1 und E_2	49
7.2	Transitivität zwischen E_1 und E_3	51
7.3	Nassi-Shneiderman-Diagramm für den transitiven Abschluss	52
7.4	Adjazenzmatrix der Parameter	52
7.5	Nassi-Shneiderman-Diagramm für die Fragen 1-4	54
7.6	Breitensuche ohne Einschränkung	55
7.7	Breitensuche mit Einschränkung	55
7.8	Modifikation von $A_1(G)$ für die Einflussssuche	56
7.9	Modifikation von $A_1(G)$ für die Abhängigkeitssuche	57

8.1	Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Parametern über alle Tiefen für die Breitennsuche	60
8.2	Häufigkeit (in Prozent) der Trefferanzahl von Kanten über alle Tiefen für die Breitennsuche	61
8.3	Darstellung des Unterschiedes der Diskreten Werte von Parametern und Kanten	63
8.4	Abhängigkeit von Parametern über Treffer	65
8.5	Abhängigkeiten von Knoten über Treffer	66
8.6	EAF Verteilung über die Tiefe	68
A.1	IDM-Datenblatt_Admin von AS	79
A.2	SIDM-Datenblatt_Notes von AS	79
A.3	IDM-Datenblatt_Input von AS	80
A.4	IDM-Datenblatt_Output von AS	80
A.5	IDM-Datenblatt_Equipment von AS	81

Tabellenverzeichnis

2.1	Unterscheidung zwischen TE und SE [19]	6
2.2	Übersicht der SE-Umgebungen innerhalb des Raumfahrtsektors	11
5.1	Parameter Tabelle	40
5.2	HP Tabelle für das Instrument CUSP	41
5.3	Allgemeine Parametertabelle	42
5.4	Allgemeine HP-Tabelle	42
8.1	Bedeutung der Standardtabelle	58
8.2	Zusammenfassung der Parameter Einflüsse auf Parameter aus Tab. A.7 .	59
8.3	Zusammenfassung der Parameter Einflüsse auf Kanten aus Tab. A.9 . .	62
8.4	Zusammenfassung der Parameter Abhängigkeiten von Parametern aus Tab. A.10	64
8.5	Zusammenfassung der Parameter Abhängigkeiten von Kanten aus Tab. A.8	64
8.6	Zusammenfassung des „Einfluss zu Abhängigkeits Faktor“ aus Tab. A.11	67
8.7	Gesamtdarstellung der Breitensuche für den Parameter „Startmasse“ bezogen auf andere Parameter	69
8.8	Gesamtdarstellung der Breitensuche für den Parameter „Startmasse“ bezogen auf Kanten	69
A.1	Hauptparametertabelle aller Subsysteme	82
A.2	Parametertabelle mit Relationen	86
A.3	Formeltabelle der Parameter	89
A.4	Parametertabelle mit allen Komponenten aller Subsysteme	91
A.5	Index Tabelle für alle Elemente der Tab. A.4	102
A.6	Alle Relationen der Parameter	113
A.7	Auswertung der Einflüsse von Parametern auf Knoten	127
A.8	Auswertung der Abhängigkeiten von Parametern von Knoten	133
A.9	Auswertung der Einflüsse von Parametern auf Parameter	139
A.10	Auswertung von Abhängigkeiten der Parameter von Parameter	145
A.11	EAF-Faktor für Knoten	151
A.12	EAF-Parameter	157

Anhang A

Anhang

A.1 IDM-Datenblätter

Das vollständige IDM des Subsystems AS. Die ersten beiden Abbildungen sind hier nur der Vollständigkeit halber mit angefügt. Während einer SE Studie sind die Datenblätter „Admin“ und „Notes“ jedoch für das Teammitglied von keiner Bedeutung.

[illegible]

Abbildung A.1: IDM-Datenblatt_Admin von AS

[illegible]

Abbildung A.2: SIDM-Datenblatt_Notes von AS

Inputs for Propulsion Workbook										
CEF SolmeX Study 0,14 03.11.2010 08:46		<div>Update Power Inputs</div> <div>Add new unit(s) ADD A NEW INSTRUMENT(S)</div>								
Parameter	Linked Value	Manual Value	switch	Cell Name	Used Value	Units	Source	Status	Remarks	RequestID
SYSTEM	CHECK UNITS!	CHECK UNITS!				CHECK UNITS!				
ELEMENT 1 SolmeX Coronagraph Spacecraft										
ELEMENT 2 0,00										
INSERT ROWS ABOVE THIS ROW IF YOU NEED TO ADD PARAMETERS										

Administration / NOTES / **Inputs** / Outputs / Equipment Summary / Components

Abbildung A.3: IDM-Datenblatt_Input von AS

Outputs from Propulsion Workbook							
CEF SolmeX Study 0,14 03.11.2010 08:46		Add new unit(s)		By (user name): cef3 Output saved on date 04.11.2010 12:13			
Parameter	Cell Name	Internally linked	Manual Value	Units	switch	Shared Values	Remarks
	Type a name WName_unit#_paramabb revision	CHECK UNITS!	CHECK UNITS!	CHECK UNITS!			
DO NOT ADD ROWS ABOVE THIS ROW							
ELEMENT 1 SolmeX Coronagraph Spacecraft							
ELEMENT 2 0,00							
INSERT ROWS ABOVE THIS ROW IF YOU NEED TO ADD PARAMETERS							

Administration / NOTES / **Inputs** / **Outputs** / Equipment Summary / Components

Abbildung A.4: IDM-Datenblatt_Output von AS

Equipment Summary

MassDimTempPowerRiskCost

Add new unit(s)

View Cell names

Hide All Cell names

View All

Input required

Calculated value

Drag down menu

Element 1 meX Coronagraph Spacecraft			MASS [kg]			
Unit	Unit Name	Quantity	Mass per quantity excl. margin	Maturity Level	Margin	Total Mass incl. margin
	Click on button above to insert new unit					
1	CHT 10 Thruster	12	0,2	Fully developed	5	3,0
2	N2H4 Tank	1	29,6	To be developed	20	35,6
3	Helium Tank	1	1,1	To be developed	20	1,4
4	He pressuration	1	0,5	Fully developed	5	0,5
5	Heater	1	0,1	Fully developed	5	0,1
6	Valve	1	0,1	Fully developed	5	0,1
-	Click on button below to insert new unit		0,0	To be developed	20	0,0
SUBSYSTEM TOTAL		6	34,3		18,4	40,7

[Go to top](#)

Administration

NOTES

Inputs

Outputs

Equipment Summary

Components

Abbildung A.5: IDM-Datenblatt_Equipment von AS

A.2 Die Tabellen

Tabelle A.1: Hauptparametertabelle aller Subsysteme

i	Subsystem	Komponente	Parameter
1	MA		
2			Missionsdauer
3			Orbitperiode
4			große Halbachse
5			Exzentrizität
6			Bahnneigung
7			Rektaszension
8			Argument des Perigäum
9			mittlere Anomalie
10			exzentrische Anomalie
11			Winkel Geschwindigkeit
12			Solar Konstante
13			wahre Anomalie
14			Positionsvektor
15			Bahnstörung
16	INT	CUSP	
17			Masse
18			Breite
19			Tiefe
20			Laenge
21			Leistungsanspruch
22			Stromfluss
23			Temperatur
24	INT	VIRCOR	
25			Masse
26			Breite
27			Tiefe
28			Laenge
29			Leistungsanspruch
30			Stromfluss
31			Temperatur
32	INT	EIP	
33			Masse
34			Breite
35			Tiefe
36			Laenge
37			Leistungsanspruch
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
38	INT	SUSP	Stromfluss
39			Temperatur
40			
41			Masse
42			Breite
43			Tiefe
44			Laenge
45			Leistungsanspruch
46	INT	ChroME	Stromfluss
47			Temperatur
48			
49			Masse
50			Breite
51			Tiefe
52			Laenge
53			Leistungsanspruch
54	DVS	Bodenstation CPU	Stromfluss
55			Temperatur
56			
57			
58			Masse
59			Breite
60			Tiefe
61			Laenge
62		Massenspeicher	Leistungsanspruch
63			Stromfluss
64			Temperatur
65			
66			Masse
67			Breite
68			Tiefe
69			Laenge
70	KOM	Antenne	Leistungsanspruch
71			Stromfluss
72			Temperatur
73			
74			Masse
75			Breite
76			Tiefe
77			Laenge
78			Stromfluss
79			Temperatur

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter		
80	EVS	Sender/F/M/A	Leistungsanspruch		
81					
82					
83		BodenStation			
84		Solar Panele			
85					
86					
87					
88					
89					
90	Energiespeicher		Masse		
91			Breite		
92			Tiefe		
93			Laenge		
94			Leistungsanspruch		
95			Stromfluss		
96			Temperatur		
97					
98					
99					
100	TS	Power Control Unit			
101					
102		PDU			
103					
104		Radiatoren			
105					
106					
107					
108					
109					
110	Heizer		Masse		
111			Breite		
112			Tiefe		
113			Laenge		
114			Leistungsanspruch		
115			Stromfluss		
116			Temperatur		
117					
118			LBS	Gyroskop	Masse
119					Breite
120	Tiefe				
121					
continued on next page					

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
122			Laenge
123			Leistungsanspruch
124			Stromfluss
125			Temperatur
126		Sternensensor	
127			Masse
128			Breite
129			Tiefe
130			Laenge
131			Leistungsanspruch
132			Stromfluss
133			Temperatur
134		Drallräder	
135			Masse
136			Breite
137			Tiefe
138			Laenge
139			Leistungsanspruch
140			Stromfluss
141			Temperatur
142	SIMK		
143			Masse
144			Breite
145			Tiefe
146			Laenge
147			Temperatur
148	AS	Düsen	
149			Masse
150			Breite
151			Tiefe
152			Laenge
153			Leistungsanspruch
154			Stromfluss
155			Temperatur
156		Tank	
157			Masse
158			Breite
159			Tiefe
160			Laenge
161			Temperatur

Tabelle A.2: Parametertabelle mit Relationen

i	Parameter	FZ	E	Relationen
1	Abdeckung/Kontaktzeit	A	[s]	5,44,125
2	Absorptionsleistung	$P_{\alpha\lambda}$	[W]	4,5,6,12,30,36,37,38,44,46 57,64,68,69,71,78,83,89,102,108 113,114,115
3	Antennengewinn	G_A	[]	2,4,5,6,7,12,30,33,36,37 38,39,44,46,57,60,64,68,69,83 89,90,98,102,108,113,114,115,118
4	Argument des Perigäum	ω	[°]	
5	Bahnneigung	i	[°]	
6	Bahnstörung	\dot{r}	$1/s^2$	2,4,5,26,36,37,38,43,44,46 57,64,69,71,78,83,89,90,93,97 108,113,114,115
7	Bandbreite	B	[Hz]	39
8	Befehlssatz	B_s	[]	
9	Beschaffungswesen		[]	
10	Betriebsdauerverhältnis	b_v	[]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
11	Betriebsdruck	p	[Pa]	2,4,5,6,12,18,38,42,44,46 57,64,68,71,78,83,89,93,102,109 110,113,114,115
12	Breite	b	[m]	2,4,5,11,18,26,30,36,37,38 44,46,57,64,65,68,69,71,78,83 89,102,103,107,108,113,114,115
13	Brennweite	f_{Linse}	[m]	39
14	Busbreite	Busbreite	[bit]	8
15	C/No		[Hz]	2,3,4,5,6,7,8,12,17,25 27,28,30,31,33,36,37,38,39,44 46,53,57,60,61,64,68,69,71,78 80,83,89,90,98,102,103,107,108,113 114,115,118
16	Datenmenge	X	[bit]	3,7,12,17,26,36,37,38,39,44 46,47,54,57,61,64,68,69,76,78 102,109,114,115,119
17	Datenrate	X_r	[bit/s]	2,3,4,5,7,8,12,15,16,18 26,27,28,31,36,37,38,39,44,46 54,57,60,61,64,68,69,71,76,78 80,83,89,90,98,102,108,113,114,115 118,119
18	Dichte	ρ	[kg/m ³]	2,6,12,26,30,36,37,38,42,44 46,57,64,65,68,69,71,78,83,89 93,102,108,109,110,113,114,115
19	DOD	DoD	[%]	4,5,8,10,32,33,36,37,44,46 52,57,60,68,69,90,98,102,108,113 114,119
20	Drallkapazität	C_L	[Js]	2,4,5,6,12,18,26,30,36,37 38,44,46,57,60,64,69,71,78,83 89,90,97,98,102,113,114,117
21	Drehgeschwindigkeit	ω	[1/s]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
22	Drehimpuls	H_R	[Js]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 78,83,89,90,93,97,98,102,103,107 108,109,110,113,114,115,117,118,119
23	Drehmoment	M	[Nm]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,21 22,26,30,32,33,36,37,38,39,40 42,44,45,46,56,57,60,64,65,68 69,71,78,83,89,90,93,97,98,102 103,107,108,110,113,114,115,118,119
24	Drehrate	ω	[1/s]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
25	E_b/N_0	E_b/N_0	[J/(bit · K)]	2,3,4,5,7,8,12,16,17,27 28,30,31,33,36,37,38,39,44,46 53,57,60,61,69,78,80,83,89,90 98,102,114,115,118
26	Einfallswinkel	E_α	[°]	4,5,36,37,44,69,83,109,114
27	EIRP	EIRP	[W]	2,3,4,5,12,30,36,37,38,39 44,46,57,60,61,69,71,78,83,89

continued on next page

i	Parameter	FZ	E	Relationen
28	EIRP@Boden	W_f	[W]	90,98,114,115,118 2,3,4,5,12,27,30,33,36,37 38,39,44,46,57,60,61,69,71,78 83,89,90,98,102,114,115,118
29	Elevation	γ	[°]	4,5,33,36,37,44,69,83,114
30	Emissionsleistung	P	[W]	2,4,5,6,12,36,37,38,44,46 57,64,68,69,71,78,83,89,102,113 114,115
31	Energie pro Bit	E_b	[J/bit]	2,3,4,5,7,8,12,17,27,30 33,36,37,38,39,44,46,53,57,60,69,71 78,83,89,90,98,102,114,115,118
32	Energiedichte	E_A	[J/kg]	2,4,5,12,30,36,37,38,44,46 57,60,64,68,69,83,89,90,98,102 108,113,114,115,118,119
33	Entfernung zur Bodenstation	h	[m]	4,5,36,37,44,69,83,108,114
34	Entladespannung	$U_{Entnommen}$	[V]	2,4,5,30,36,37,44,46,57,60,64,65 68,69,83,89,90,98,102,108,115
35	Equipment			
36	exzentrische Anomalie	$E - e \cdot \sin E$	[°]	37,44,69,114
37	Exzentrizität	e	[]	44
38	Form	Form	[]	2,4,5,11,12,18,30,33,36,37 44,46,57,69,71,78,83,89,102,113 114,115
39	Frequenz	f	[Hz]	
40	Füllfaktor	F	[]	2,4,5,26,30,36,37,44,56,60 68,69,78,83,89,90,98,102,114,115
41	Genauigkeit	X	[°]	
42	Geschwindigkeitsbedarf	Δv	[m/s]	2,4,5,12,30,36,37,44,45,64 68,69,78,83,89,93,97,108,109,110 114
43	Gravitationsmoment	M_{Grav}	[Nm]	4,5,36,37,44,64,69,83,114
44	große Halbachse	a	[m]	
45	Gütezahl	G	[W/m ²]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 46,56,57,60,64,65,68,69,71,73 78,83,89,90,93,97,98,102,103,107 108,109,110,113,114,115,118,119
46	Höhe	h	[m]	2,4,5,11,18,26,30,36,37,38 44,46,57,64,65,68,69,71,78,83 89,102,103,107,108,113,114,115
47	Housekeeping Data	X	[bit]	
48	Instruction per Cycle	IPC	[Befehle/s]	
49	Integration			
50	Kalenderlebensdauer	t_{KI}	[s]	
51	Kanalanzahl	n	[]	8,14
52	Kapazität	C	[As]	2,4,5,8,19,30,32,33,36,37 44,46,57,60,68,69,83,89,90,98 102,108,113,114,115,119
53	Keulenbreite	2θ	[rad]	2,4,5,12,30,33,36,37,38,39 44,46,57,69,83,89,102,114,115
54	Kontaktzeit	t_{KI}	[s]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 29,30,32,33,36,37,38,39,40,42 44,45,46,56,57,60,64,65,68,69 71,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
55	Kostenrisiko			
56	Kurzschlußstrom	I_{sc}	[A]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,57,60,64,65,68,69,71,73 78,83,89,90,93,97,98,102,103,107 108,109,110,113,114,115,118,119
57	Laenge	l	[m]	2,4,5,11,18,26,30,36,37,38 44,46,57,64,65,68,69,71,78,83 89,102,103,107,108,113,114,115
58	Lasten max dynamisch	q(t)	[N]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
59	Lasten max statisch	q(t)	[N]	
60	Leistungsanspruch max je Mod	P	[W]	90,98
61	Leistungsverluste	P_v	[W]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
62	Manpower je Betriebsstunde			
63	Margin of Safety	MoS	[]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,58,59,60,64,65,68 69,71,78,83,89,90,93,97,98,102 103,107,108,110,113,114,115,118,119

continued on next page

i	Parameter	FZ	E	Relationen
64	Masse	m	[kg]	12,18,32,38,42,46,57,65,78,93 109,110,113
65	Massenfluß	\dot{m}	[kg/s]	42,68
66	Massenschwerpunkt	\vec{r}_s	[m]	12,18,38,46,57,64,65,109,113
67	Millionen Instruktionen pro Sekunde	MIPS	[Befehle/s]	
68	Missionsdauer	t	[s]	6,36,37,42,44,65,69,93,108,110 114
69	mittlere Anomalie	M	[°]	36,37,44,108,114
70	Nullpunktdrift	n_d	[°/s]	2,4,5,12,30,36,37,38,44,46 57,68,69,83,89,102,114,115
71	Oberfläche max	F	[m ²]	2,11,12,38,46,57,78,113
72	Pixelauflösung	Auflösung des Sternensensors		
73	Pointing Genauigkeit			41
74	Positionsvektor			
75	Präzessionsmoment			
76	Programmausführzeit	t	[s]	8,14,51
77	Projektbüro			
78	projizierte Fläche	A_p	[m ²]	12,26,38,46,57,71
79	Random Walk	r_w	[°/s]	
80	Rauschen	N	[W]	2,4,5,7,12,30,33,36,37,38 39,44,57,71,78,89,102,113,114,115
81	Rauschfaktor	N_0	[W/Hz]	
82	Reflexionsvermögen	ρ	[]	2,4,5,6,12,30,36,37,38,44 46,57,64,68,69,71,78,83,89,102 108,113,114,115
83	Rektaszension	Ω	[°]	
84	Schnittstelle	n_s	[]	
85	Schreibzyklen	Anzahl der Rechenoperationen	[]	
86	Sichtfeld		[m ²]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,56,57,60,64,65,68,69,71 73,78,83,89,90,93,97,98,102,103 107,108,109,110,113,114,115,118,119
87	Signalstärke	C	[W]	
88	Single instruction, multiple data	SIMD	[]	
89	Solar Konstante	S	[W/m ²]	4,5,36,37,44,69,83,114
90	Spannung max	U	[V]	60,98
91	Speicherbandbreite	Busbreite des Massenspeichers	[bit]	
92	Spezielle Aktivitäten			
93	spezifischer Impuls		[s]	12,38,42,46,57,65,102,110
94	Startkosten		[Euro]	
95	Startmasse	m_0	[kg]	12,18,38,46,57,64,93,109
96	Strahlenbelastung max	S_v	[J/kg]	
97	Strahlungsdruck	P_0	[n/m ²]	4,5,12,26,30,36,37,38,44,46 57,64,65,69,71,78,83,89,113,114 60,9
98	Stromfluß Max	I_{max}	[A]	
99	Taktrate	T_f	[Hz]	
100	Taktzyklen	T_z	[]	
101	Taktzykluszeit	t	[s]	
102	Temperatur mittel	T_m	[K]	2,4,5,12,18,26,30,36,37,38 44,46,57,69,71,78,83,89,103,107 108,114,115
103	Temperaturstabilität	ΔT	[K]	
104	Tests			
105	Thermische Ausdehnung	Δx	[m/K]	2,4,5,12,18,30,36,37,38,44 46,57,69,71,78,83,89,102,108,113 114,115
106	thermische Kontaktleitfähigkeit	h_{ct}		
107	thermischer Widerstand	R_{ct}		
108	Transferzeit	t	[s]	36,37,44,69,114
109	Treibstoffmasse	m_T	[kg]	4,5,6,36,37,42,44,64,65,68 69,83,93,95,108,110,114
110	Triebweksschub	F	[N]	4,5,6,36,37,42,44,65,68,69 83,93
111	Verfügbarkeit			
112	Verluste	L_v	[]	2,4,5,6,8,11,12,13,18,26 30,32,33,36,37,38,39,40,42,44 45,46,53,56,57,60,64,65,68,69 71,73,78,83,89,90,93,97,98,102 103,107,108,109,110,113,114,118,119
113	Volumen	V	m ³	2,4,5,6,8,12,18,26,30,36 37,38,42,44,46,57,64,65,68,69 71,78,89,102,103,107,108,114,115
114	wahre Anomalie	v	[°]	
115	Wärmestrom	\dot{Q}	[W/s]	2,4,5,12,26,30,36,37,38,44 46,57,69,71,78,83,89,102,103,107 108,113,114
116	Wartungsintervalle			
117	Winkel Geschwindigkeit	v	[m/s]	
118	Wirkungsgrad	η	[%]	
119	Zyklenlebensdauer	t	[s]	

Tabelle A.3: Formeltabelle der Parameter

i	Parameter	Formel
1	Abdeckung/Kontaktzeit	$A = (P/180^\circ) \cos^{-1}(\cos \lambda_{\max} / \cos \lambda)$
2	Absorptionsleistung	$P_{\alpha\lambda} = \alpha \cdot S \cdot A_p$
3	Antennengewinn	$G_A = 4\pi \eta A_p / \lambda$
4	Argument des Perigäum	ω
5	Bahnneigung	i
6	Bahnstörung	\dot{r}
7	Bandbreite	$B = f_2 - f_1$
8	Befehlssatz	$B_s = \sum \text{aller Befehle}$
9	Beschaffungswesen	
10	Betriebsdauerverhältniss	$b_v = t_b / t_m$
11	Betriebsdruck	$p = F / A$
12	Breite	$b = V / (l \cdot h)$
13	Brennweite	$f_{\text{Linse}} = f(\text{Form})$
14	Busbreite	$\text{Busbreite} = \sum \text{Bits je Übertragung}$
15	C/N_0	$C/N_0 = (\phi \lambda^2) / (4\pi)$
16	Datenmenge	$X = t \cdot X_r$
17	Datenrate	$X_r = X / t$
18	Dichte	$\rho = m / V$
19	DOD	$DoD = P_L t_d / (C \cdot V)$
20	Drallkapazität	$C_L = m \cdot v \cdot r$
21	Drehgeschwindigkeit	$\omega = v / r$
22	Drehimpuls	$H_R = I \omega$
23	Drehmoment	$M = \omega l$
24	Drehrate	$\omega = v / r$
25	E_b/N_0	$E_b/N_0 = C / (R \cdot N_0)$
26	Einfallswinkel	$E_\alpha = \angle(\vec{N}_1 \vec{N}_2)$
27	EIRP	$EIRP = P \cdot L_i \cdot G_A$
28	EIRP@Boden	$W_f = (EIRP) \cdot L_a / (4\pi A^2)$
29	Elevation	$\gamma = \cos^{-1}[(r/R) \sin \phi]$
30	Emissionsleistung	$P = \sigma \epsilon T^4 A$
31	Energie pro Bit	$E_b = C / R$
32	Energiedichte	$E_A = E_{out} \eta / m$
33	Entfernung zur Bodenstation	$h = f(\text{Orbits})$
34	Entladespannung	$U_{Entnommen} = P_{Entnommen} / I_{Entnommen}$
35	Equipment	
36	exzentrische Anomalie	$E - e \cdot \sin E = \tau$
37	Exzentrizität	$e = \sqrt{a^2 - b^2} / a$
38	Form	$\text{Form} = f(\text{Abmaße})$
39	Frequenz	$f = v / \lambda$
40	Füllfaktor	$F = I \cdot V / P_{\max}$
41	Genauigkeit	$X = f(\text{Wirkungsgrad})$
42	Geschwindigkeitsbedarf	$\Delta v = c \cdot \ln(m_0 / (m_0 + m_T))$
43	große Halbachse	$a = \sqrt[3]{\mu / n^2}$
44	Gütezahl	$G = k\rho \tau \omega / \eta$
45	Höhe	$h = V / (b \cdot l)$
46	Housekeeping Data	$X = \sum X_i$
47	Instruction per Cycle	$IPC = \text{Befehle} / \text{Rechenschritt}$
48	Integration	
49	Kalenderlebensdauer	$t_{KI} = \text{Zeit bis Batterieunbrauchbar}$
50	Kanalanzahl	$n = \sum \text{Gleichzeitigen Kanäle}$
51	Kapazität	$C = E_{bat} / (n \cdot V_{bat})$
52	Keulenbreite	$2\theta = 4\lambda / (\pi \cdot D)$
53	Kontaktzeit	$t_{KI} = 2\pi(a^3/\mu)180^\circ(90^\circ - \gamma - \sin((r/R)\cos\gamma))$
54	Kostenrisiko	
55	Kurzschlußstrom	$I_{sc} = f(EOL, BOL)$
56	Laenge	$l = V / (h \cdot b)$
57	Lasten max dynamisch	$q(t) = \sum F$
58	Lasten max statisch	$q(t) = \sum F$
59	Leistungsanspruch max je Mod	$P = U \cdot I$
60	Leistungsverluste	$P_v = \eta P + [(1 - \eta) \dot{Q}]$
61	Manpower je Betriebsstunde	
62	Margin of Safety	$MoS = q_{zul} / q_{max} - 1$
63	Masse	$m = \rho \cdot V$
64	Massenfluß	$\dot{m} = \rho dV / dt$
65	Massenschwerpunkt	$\vec{r}_s = \sum \vec{r}_{s,i} \cdot m_i / \sum_i m_i$
66	Millionen Instruktionen pro Sekunde	$MIPS = \text{Anzahl der Millionen Befehle je Sekunde}$
67	Missionsdauer	$t = \sum t_i$
68	mittlere Anomalie	$M = n \cdot t$
69	Nullpunktdrift	$n_d = \text{Abweichung bei } 0^\circ / s$
70	Oberfläche max	$F = f(\text{Form})$
71	Pixelauflösung	Auflösung des Sternensensors
72	Pointing Genauigkeit	
73	Positionsvektor	$\mathbf{r}(x, y, z)$
74	Präzessionsmoment	
75	Programmausführzeit	$t = t_{Zugriff} + t_{Bearbeitung}$
76	Projektbüro	
77	projizierte Fläche	$A_p = f(\text{Form \& Lage})$
78	Random Walk	$r_w = \sqrt{rtt} \cdot \sum N_0$

continued on next page

i	Parameter	Formel
79	Rauschen	$N = k \cdot T \cdot B$
80	Rauschfaktor	$N = k \cdot T_s$
81	Reflexionsvermögen	$\rho = P_r / P_0$
82	Rektaszension	Ω
83	Schnittstelle	n_s
84	Schreibzyklen	Anzahl der durchzuführenden Rechenoperationen
85	Sichtfeld	$g(b) = f_{fbmax} / (b_{max} - f)$
86	Signalstärke	$C = (ELRP) L_s L_a G_r$
87	Single instruction, multiple data	SIMD=Beschreibung der Gleichzeitigen Prozessernutzung
88	Solar Konstante	$S = S_0 [R_E / R_E + R]$
89	Spannung max	$U = P / I$
90	Speicherbandbreite	Busbreite des Massenspeichers
91	Spezielle Aktivitäten	
92	spezifischer Impuls	$I_{sp} = c / g_0$
93	Störbeschleunigung	$\Delta \ddot{r} = G M \mathbf{r} / r^3$
94	Startkosten	K_s
95	Startmasse	$m_0 = \sum m_i$
96	Strahlenbelastung max	$S_v = (n_{Teilchen} \cdot c^2) / m_k$
97	Strahlungsdruck	$P_0 = F / c$
98	Stromfluss Max	$I_{max} = P / U$
99	Taktrate	$T_f = \text{Schwingungen} / \text{Sekunde}$
100	Taktzyklen	$T_z = \sum T_f$
101	Taktzykluszeit	$t = 1 / T_f$
102	Temperatur mittel	$T_m = f(W_{rme} / \text{austausch} / \text{abgabe} / \text{speicherung})$
103	Temperaturstabilität	$\Delta T = T_{max} - T_{min}$
104	Tests	
105	Thermische Ausdehnung	$\Delta x = x \cdot \alpha \cdot \Delta T$
106	thermische Kontaktleitfähigkeit	$h_{ct} = 1 / (R_{ct} F)$
107	thermischer Widerstand	$R_{ct} = \Delta T / (\text{dot} q F)$
108	Transferzeit	$t = M / n$
109	Treibstoffmasse	$m_T = m_0 (1 - 1 / e^{\Delta V / c})$
110	Triebwerksschub	$F = \dot{m} \cdot c$
111	Verfügbarkeit	
112	Verluste	$L_v = 12 \alpha T / \theta^2$
113	Volumen	$V = b \cdot h \cdot l$
114	wahre Anomalie	v
115	Wärmestrom	$\dot{Q} = \sum f(\Delta T)$
116	Wartungsintervalle	
117	Winkel Geschwindigkeit	$v = \dot{r}$
118	Wirkungsgrad	η
119	Zykluslebensdauer	$\Delta t = t_{0_An} - t_{0+1_Aus}$

Tabelle A.4: Parametertabelle mit allen Komponenten aller Subsysteme

i	Subsystem	Komponente	Parameter
1	MA		
2			Missionsdauer
3			Orbitperiode
4			große Halbachse
5			Exzentrizität
6			Bahnneigung
7			Rektaszension
8			Argument des Perigäum
9			mittlere Anomalie
10			exzentrische Anomalie
11			Winkel Geschwindigkeit
12			Solar Konstante
13			wahre Anomalie
14			Positionsvektor
15			Bahnstörung
16	INT	CUSP	
17			Masse
18			Housekeeping Data
19			Breite
20			Form
21			Tiefe
22			Laenge
23			Oberfläche max
24			Volumen
25			Leistungsanspruch max je Mod
26			Spannung max
27			Strahlenbelastung max
28			Stromfluss Max
29			Temperatur mittel
30			Absorbtiionsleistung
31			Emissionsleistung
32			Wärmestrom
33			Pointing Genauigkeit
34			Datenrate
35			Schnittstelle
36	INT	VIRCOR	Betriebsdauerverhältniss
37			
38			Masse
39			Housekeeping Data

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
40			Breite
41			Form
42			Tiefe
43			Laenge
44			Oberfläche max
45			Volumen
46			Leistungsanspruch max je Mod
47			Spannung max
48			Strahlenbelastung max
49			Stromfluss Max
50			Temperatur mittel
51			Absorbtiionsleistung
52			Emissionsleistung
53			Wärmestrom
54			Pointing Genauigkeit
55			Datenrate
56			Schnittstelle
57			Betriebsdauerverhältniss
58	INT	EIP	
59			Masse
60			Housekeeping Data
61			Breite
62			Form
63			Tiefe
64			Laenge
65			Oberfläche max
66			Volumen
67			Leistungsanspruch max je Mod
68			Spannung max
69			Strahlenbelastung max
70			Stromfluss Max
71			Temperatur mittel
72			Absorbtiionsleistung
73			Emissionsleistung
74			Wärmestrom
75			Pointing Genauigkeit
76			Datenrate
77			Schnittstelle
78			Betriebsdauerverhältniss
79	INT	SUSP	
80			Masse
81			Housekeeping Data

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
82			Breite
83			Form
84			Tiefe
85			Laenge
86			Oberfläche max
87			Volumen
88			Leistungsanspruch max je Mod
89			Spannung max
90			Strahlenbelastung max
91			Stromfluss Max
92			Temperatur mittel
93			Absorbtiionsleistung
94			Emissionsleistung
95			Wärmestrom
96			Pointing Genauigkeit
97			Datenrate
98			Schnittstelle
99			Betriebsdauerverhältniss
100	INT	ChroME	
101			Masse
102			Housekeeping Data
103			Breite
104			Form
105			Tiefe
106			Laenge
107			Oberfläche max
108			Volumen
109			Leistungsanspruch max je Mod
110			Spannung max
111			Strahlenbelastung max
112			Stromfluss Max
113			Temperatur mittel
114			Absorbtiionsleistung
115			Emissionsleistung
116			Wärmestrom
117			Pointing Genauigkeit
118			Datenrate
119			Schnittstelle
120			Betriebsdauerverhältniss
121	DVS	Bodenstation	
122			Verfügbarkeit
123			Datenmenge

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
124			Schnittstelle
125			Datenrate
126		CPU	
127			Masse
128			Housekeeping Data
129			Breite
130			Form
131			Tiefe
132			Laenge
133			Volumen
134			Leistungsanspruch max je Mod
135			Spannung max
136			Strahlenbelastung max
137			Stromfluss Max
138			Temperatur mittel
139			Absorbtionsleistung
140			Emissionsleistung
141			Wärmestrom
142			Befehlssatz
143			Taktrate
144			Instruction per Cycle
145			Adressbus
146			Busbreite
147			Datenmenge
148			Datenrate
149			Programmausführzeit
150			Millionen Instruktionen pro Sekunde
151			Schnittstelle
152		Massenspeicher	
153			Masse
154			Housekeeping Data
155			Breite
156			Form
157			Tiefe
158			Laenge
159			Volumen
160			Leistungsanspruch max je Mod
161			Spannung max
162			Strahlenbelastung max
163			Stromfluss Max
164			Temperatur mittel
165			Absorbtionsleistung

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
166			Emissionsleistung
167			Wärmestrom
168			Befehlssatz
169			Taktrate
170			Instruction per Cycle
171			Adressbus
172			Busbreite
173			Datenmenge
174			Datenrate
175			Programmausführzeit
176			Millionen Instruktionen pro Sekunde
177			Schnittstelle
178			Schreibzyklen
179	KOM	Antenne	
180			Masse
181			Housekeeping Data
182			Breite
183			Form
184			Tiefe
185			Laenge
186			Querschnittsfläche Max
187			Volumen
188			Spannung max
189			Stromfluss Max
190			Temperatur mittel
191			Absorbtiionsleistung
192			Emissionsleistung
193			Wärmestrom
194			Bandbreite
195			Abdeckung
196			Kontaktzeit
197			Datenrate
198			Datenmenge
199			Frequenz
200			Antennengewinn
201			Keulenbreite
202			Entfernung zur Bodenstation
203			Energie pro Bit
204			EIRP
205			C
206			Rauschen
207			Eb/No

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
208			C/No
209			Elevation
210			Wirkungsgrad
211		Sender/F/M/A	
212			Leistungsanspruch max je Mod
213			Leitungsverluste
214			
215		BodenStation	
216			Querschnittsfläche Max
217			Bandbreite
218			Abdeckung
219			Kontaktzeit
220			Datenrate
221			Datenmenge
222			Frequenz
223			Antennengewinn
224			Keulenbreite
225			Entfernung zur Antenne
226			Energie pro Bit
227			EIRP
228			C
229			Rauschen
230			Eb/No
231			C/No
232			Elevation
233	EVS	Solar Panele	
234			Masse
235			Housekeeping Data
236			Breite
237			Form
238			Tiefe
239			Laenge
240			projizierte Fläche
241			Volumen
242			Leistungsanspruch max je Mod
243			Spannung max
244			Strahlenbelastung max
245			Stromfluss Max
246			Temperatur mittel
247			Absorbtionsleistung
248			Emissionsleistung
249			Wärmestrom

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
250			Kurzschlußstrom
251			Lastwiderstand
252			Füllfaktor
253			Wirkungsgrad
254			Schnittstelle
255			Einfallswinkel
256		Energiespeicher	
257			Masse
258			Housekeeping Data
259			Breite
260			Form
261			Tiefe
262			Laenge
263			Volumen
264			Leistungsanspruch max je Mod
265			Spannung max
266			Strahlenbelastung max
267			Stromfluss Max
268			Temperatur mittel
269			Absorbtionsleistung
270			Emissionsleistung
271			Wärmestrom
272			Kapazität
273			Kalenderlebensdauer
274			Zyklenlebensdauer
275			DOD
276			Energiedichte
277			Schnittstelle
278			Entladespannung
279		Power Control Unit	
280			
281		PDU	
282			
283	TS	Radiatoren	
284			Masse
285			Housekeeping Data
286			Breite
287			Form
288			Tiefe
289			Laenge
290			Oberfläche max
291			Volumen

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
292			Temperatur mittel
293			Wärmestrom
294			Absorptionsleistung
295			Emissionsleistung
296			Reflexionsleistung
297			projizierte Fläche
298			thermische Kontaktleitfähigkeit
299			thermischer Widerstand
300			Schnittstelle
301		Heizer	
302			Masse
303			Housekeeping Data
304			Breite
305			Form
306			Tiefe
307			Laenge
308			Oberfläche max
309			Volumen
310			Leistungsanspruch max je Mod
311			Spannung max
312			Stromfluss Max
313			Temperatur mittel
314			Absorptionsleistung
315			Emissionsleistung
316			Wärmestrom
317			Schnittstelle
318	LBS	Gyroskop	
319			Masse
320			Housekeeping Data
321			Breite
322			Form
323			Tiefe
324			Laenge
325			Volumen
326			Leistungsanspruch max je Mod
327			Spannung max
328			Stromfluss Max
329			Temperatur mittel
330			Absorptionsleistung
331			Emissionsleistung
332			Wärmestrom
333			Gravitationsmoment

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
334			Drehmoment
335			Strahlungsdruck-Störbeschleunigung
336			Drehrate
337			Nullpunktdrift
338			Schnittstelle
339		Sternensensor	
340			Masse
341			Housekeeping Data
342			Breite
343			Form
344			Tiefe
345			Laenge
346			Oberfläche max
347			Volumen
348			Leistungsanspruch max je Mod
349			Spannung max
350			Stromfluss Max
351			Temperatur mittel
352			Absorptionsleistung
353			Emissionsleistung
354			Wärmestrom
355			Wellenlänge
356			Temperaturstabilität
357			Schnittstelle
358		Drallräder	
359			Masse
360			Housekeeping Data
361			Breite
362			Form
363			Tiefe
364			Laenge
365			Volumen
366			Leistungsanspruch max je Mod
367			Spannung max
368			Stromfluss Max
369			Temperatur mittel
370			Absorptionsleistung
371			Emissionsleistung
372			Wärmestrom
373			Gravitationsmoment
374			Drehmoment
375			Strahlungsdruck-Störbeschleunigung

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
376	SIMK		Drehimpuls
377			Winkelgeschwindigkeiten
378			Drallkapazität
379			
380			Massenschwerpunkt
381			Housekeeping Data
382			Masse
383			Breite
384			Form
385			Tiefe
386			Laenge
387			Oberfläche max
388			Volumen
389			Lasten max dynamisch
390			Temperatur mittel
391			Wärmestrom
392			Thermische Ausdehnung
393			Schnittstelle
394			Margin of Safety
395			Absorbtionsleistung
396			Emissionsleistung
397	AS	Düsen	
398			Masse
399			Housekeeping Data
400			Breite
401			Form
402			Tiefe
403			Laenge
404			Oberfläche max
405			Volumen
406			Leistungsanspruch max je Mod
407			Spannung max
408			Stromfluss Max
409			Temperatur mittel
410			Absorbtionsleistung
411			Emissionsleistung
412			Wärmestrom
413			Triebweksschub
414			spezifischer Impuls
415			Geschwindigkeitsbedarf
416			Massenfluß
417			Treibstoffmasse
continued on next page			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
418			Schnittstelle
419			Startmasse
420		Tank	
421			Masse
422			Housekeeping Data
423			Breite
424			Dichte
425			Form
426			Tiefe
427			Laenge
428			Oberfläche max
429			Volumen
430			Temperatur mittel
431			Absorbtionsleistung
432			Emissionsleistung
433			Wärmestrom
434			Treibstoffmasse
435			Betriebsdruck

Tabelle A.5: Index Tabelle für alle Elemente der Tab. A.4

i	Subsystem	Komponente	Parameter
1	x_1	y_1	z_1
2	x_2	y_2	z_2
3	x_3	y_3	z_3
4	x_4	y_4	z_4
5	x_5	y_5	z_5
6	x_6	y_6	z_6
7	x_7	y_7	z_7
8	x_8	y_8	z_8
9	x_9	y_9	z_9
10	x_{10}	y_{10}	z_{10}
11	x_{11}	y_{11}	z_{11}
12	x_{12}	y_{12}	z_{12}
13	x_{13}	y_{13}	z_{13}
14	x_{14}	y_{14}	z_{14}
15	x_{15}	y_{15}	z_{15}
16	x_{16}	y_{16}	z_{16}
17	x_{17}	y_{17}	z_{17}
18	x_{18}	y_{18}	z_{18}
19	x_{19}	y_{19}	z_{19}
20	x_{20}	y_{20}	z_{20}
21	x_{21}	y_{21}	z_{21}
22	x_{22}	y_{22}	z_{22}
23	x_{23}	y_{23}	z_{23}
24	x_{24}	y_{24}	z_{24}
25	x_{25}	y_{25}	z_{25}
26	x_{26}	y_{26}	z_{26}
27	x_{27}	y_{27}	z_{27}
28	x_{28}	y_{28}	z_{28}
29	x_{29}	y_{29}	z_{29}
30	x_{30}	y_{30}	z_{30}
31	x_{31}	y_{31}	z_{31}
32	x_{32}	y_{32}	z_{32}
33	x_{33}	y_{33}	z_{33}
34	x_{34}	y_{34}	z_{34}
35	x_{35}	y_{35}	z_{35}
36	x_{36}	y_{36}	z_{36}
37	x_{37}	y_{37}	z_{37}
38	x_{38}	y_{38}	z_{38}
39	x_{39}	y_{39}	z_{39}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
40	x_{40}	y_{40}	z_{40}
41	x_{41}	y_{41}	z_{41}
42	x_{42}	y_{42}	z_{42}
43	x_{43}	y_{43}	z_{43}
44	x_{44}	y_{44}	z_{44}
45	x_{45}	y_{45}	z_{45}
46	x_{46}	y_{46}	z_{46}
47	x_{47}	y_{47}	z_{47}
48	x_{48}	y_{48}	z_{48}
49	x_{49}	y_{49}	z_{49}
50	x_{50}	y_{50}	z_{50}
51	x_{51}	y_{51}	z_{51}
52	x_{52}	y_{52}	z_{52}
53	x_{53}	y_{53}	z_{53}
54	x_{54}	y_{54}	z_{54}
55	x_{55}	y_{55}	z_{55}
56	x_{56}	y_{56}	z_{56}
57	x_{57}	y_{57}	z_{57}
58	x_{58}	y_{58}	z_{58}
59	x_{59}	y_{59}	z_{59}
60	x_{60}	y_{60}	z_{60}
61	x_{61}	y_{61}	z_{61}
62	x_{62}	y_{62}	z_{62}
63	x_{63}	y_{63}	z_{63}
64	x_{64}	y_{64}	z_{64}
65	x_{65}	y_{65}	z_{65}
66	x_{66}	y_{66}	z_{66}
67	x_{67}	y_{67}	z_{67}
68	x_{68}	y_{68}	z_{68}
69	x_{69}	y_{69}	z_{69}
70	x_{70}	y_{70}	z_{70}
71	x_{71}	y_{71}	z_{71}
72	x_{72}	y_{72}	z_{72}
73	x_{73}	y_{73}	z_{73}
74	x_{74}	y_{74}	z_{74}
75	x_{75}	y_{75}	z_{75}
76	x_{76}	y_{76}	z_{76}
77	x_{77}	y_{77}	z_{77}
78	x_{78}	y_{78}	z_{78}
79	x_{79}	y_{79}	z_{79}
80	x_{80}	y_{80}	z_{80}
81	x_{81}	y_{81}	z_{81}

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter
82	x_{82}	y_{82}	z_{82}
83	x_{83}	y_{83}	z_{83}
84	x_{84}	y_{84}	z_{84}
85	x_{85}	y_{85}	z_{85}
86	x_{86}	y_{86}	z_{86}
87	x_{87}	y_{87}	z_{87}
88	x_{88}	y_{88}	z_{88}
89	x_{89}	y_{89}	z_{89}
90	x_{90}	y_{90}	z_{90}
91	x_{91}	y_{91}	z_{91}
92	x_{92}	y_{92}	z_{92}
93	x_{93}	y_{93}	z_{93}
94	x_{94}	y_{94}	z_{94}
95	x_{95}	y_{95}	z_{95}
96	x_{96}	y_{96}	z_{96}
97	x_{97}	y_{97}	z_{97}
98	x_{98}	y_{98}	z_{98}
99	x_{99}	y_{99}	z_{99}
100	x_{100}	y_{100}	z_{100}
101	x_{101}	y_{101}	z_{101}
102	x_{102}	y_{102}	z_{102}
103	x_{103}	y_{103}	z_{103}
104	x_{104}	y_{104}	z_{104}
105	x_{105}	y_{105}	z_{105}
106	x_{106}	y_{106}	z_{106}
107	x_{107}	y_{107}	z_{107}
108	x_{108}	y_{108}	z_{108}
109	x_{109}	y_{109}	z_{109}
110	x_{110}	y_{110}	z_{110}
111	x_{111}	y_{111}	z_{111}
112	x_{112}	y_{112}	z_{112}
113	x_{113}	y_{113}	z_{113}
114	x_{114}	y_{114}	z_{114}
115	x_{115}	y_{115}	z_{115}
116	x_{116}	y_{116}	z_{116}
117	x_{117}	y_{117}	z_{117}
118	x_{118}	y_{118}	z_{118}
119	x_{119}	y_{119}	z_{119}
120	x_{120}	y_{120}	z_{120}
121	x_{121}	y_{121}	z_{121}
122	x_{122}	y_{122}	z_{122}
123	x_{123}	y_{123}	z_{123}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
124	x_{124}	y_{124}	z_{124}
125	x_{125}	y_{125}	z_{125}
126	x_{126}	y_{126}	z_{126}
127	x_{127}	y_{127}	z_{127}
128	x_{128}	y_{128}	z_{128}
129	x_{129}	y_{129}	z_{129}
130	x_{130}	y_{130}	z_{130}
131	x_{131}	y_{131}	z_{131}
132	x_{132}	y_{132}	z_{132}
133	x_{133}	y_{133}	z_{133}
134	x_{134}	y_{134}	z_{134}
135	x_{135}	y_{135}	z_{135}
136	x_{136}	y_{136}	z_{136}
137	x_{137}	y_{137}	z_{137}
138	x_{138}	y_{138}	z_{138}
139	x_{139}	y_{139}	z_{139}
140	x_{140}	y_{140}	z_{140}
141	x_{141}	y_{141}	z_{141}
142	x_{142}	y_{142}	z_{142}
143	x_{143}	y_{143}	z_{143}
144	x_{144}	y_{144}	z_{144}
145	x_{145}	y_{145}	z_{145}
146	x_{146}	y_{146}	z_{146}
147	x_{147}	y_{147}	z_{147}
148	x_{148}	y_{148}	z_{148}
149	x_{149}	y_{149}	z_{149}
150	x_{150}	y_{150}	z_{150}
151	x_{151}	y_{151}	z_{151}
152	x_{152}	y_{152}	z_{152}
153	x_{153}	y_{153}	z_{153}
154	x_{154}	y_{154}	z_{154}
155	x_{155}	y_{155}	z_{155}
156	x_{156}	y_{156}	z_{156}
157	x_{157}	y_{157}	z_{157}
158	x_{158}	y_{158}	z_{158}
159	x_{159}	y_{159}	z_{159}
160	x_{160}	y_{160}	z_{160}
161	x_{161}	y_{161}	z_{161}
162	x_{162}	y_{162}	z_{162}
163	x_{163}	y_{163}	z_{163}
164	x_{164}	y_{164}	z_{164}
165	x_{165}	y_{165}	z_{165}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
166	x_{166}	y_{166}	z_{166}
167	x_{167}	y_{167}	z_{167}
168	x_{168}	y_{168}	z_{168}
169	x_{169}	y_{169}	z_{169}
170	x_{170}	y_{170}	z_{170}
171	x_{171}	y_{171}	z_{171}
172	x_{172}	y_{172}	z_{172}
173	x_{173}	y_{173}	z_{173}
174	x_{174}	y_{174}	z_{174}
175	x_{175}	y_{175}	z_{175}
176	x_{176}	y_{176}	z_{176}
177	x_{177}	y_{177}	z_{177}
178	x_{178}	y_{178}	z_{178}
179	x_{179}	y_{179}	z_{179}
180	x_{180}	y_{180}	z_{180}
181	x_{181}	y_{181}	z_{181}
182	x_{182}	y_{182}	z_{182}
183	x_{183}	y_{183}	z_{183}
184	x_{184}	y_{184}	z_{184}
185	x_{185}	y_{185}	z_{185}
186	x_{186}	y_{186}	z_{186}
187	x_{187}	y_{187}	z_{187}
188	x_{188}	y_{188}	z_{188}
189	x_{189}	y_{189}	z_{189}
190	x_{190}	y_{190}	z_{190}
191	x_{191}	y_{191}	z_{191}
192	x_{192}	y_{192}	z_{192}
193	x_{193}	y_{193}	z_{193}
194	x_{194}	y_{194}	z_{194}
195	x_{195}	y_{195}	z_{195}
196	x_{196}	y_{196}	z_{196}
197	x_{197}	y_{197}	z_{197}
198	x_{198}	y_{198}	z_{198}
199	x_{199}	y_{199}	z_{199}
200	x_{200}	y_{200}	z_{200}
201	x_{201}	y_{201}	z_{201}
202	x_{202}	y_{202}	z_{202}
203	x_{203}	y_{203}	z_{203}
204	x_{204}	y_{204}	z_{204}
205	x_{205}	y_{205}	z_{205}
206	x_{206}	y_{206}	z_{206}
207	x_{207}	y_{207}	z_{207}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
208	x_{208}	y_{208}	z_{208}
209	x_{209}	y_{209}	z_{209}
210	x_{210}	y_{210}	z_{210}
211	x_{211}	y_{211}	z_{211}
212	x_{212}	y_{212}	z_{212}
213	x_{213}	y_{213}	z_{213}
214	x_{214}	y_{214}	z_{214}
215	x_{215}	y_{215}	z_{215}
216	x_{216}	y_{216}	z_{216}
217	x_{217}	y_{217}	z_{217}
218	x_{218}	y_{218}	z_{218}
219	x_{219}	y_{219}	z_{219}
220	x_{220}	y_{220}	z_{220}
221	x_{221}	y_{221}	z_{221}
222	x_{222}	y_{222}	z_{222}
223	x_{223}	y_{223}	z_{223}
224	x_{224}	y_{224}	z_{224}
225	x_{225}	y_{225}	z_{225}
226	x_{226}	y_{226}	z_{226}
227	x_{227}	y_{227}	z_{227}
228	x_{228}	y_{228}	z_{228}
229	x_{229}	y_{229}	z_{229}
230	x_{230}	y_{230}	z_{230}
231	x_{231}	y_{231}	z_{231}
232	x_{232}	y_{232}	z_{232}
233	x_{233}	y_{233}	z_{233}
234	x_{234}	y_{234}	z_{234}
235	x_{235}	y_{235}	z_{235}
236	x_{236}	y_{236}	z_{236}
237	x_{237}	y_{237}	z_{237}
238	x_{238}	y_{238}	z_{238}
239	x_{239}	y_{239}	z_{239}
240	x_{240}	y_{240}	z_{240}
241	x_{241}	y_{241}	z_{241}
242	x_{242}	y_{242}	z_{242}
243	x_{243}	y_{243}	z_{243}
244	x_{244}	y_{244}	z_{244}
245	x_{245}	y_{245}	z_{245}
246	x_{246}	y_{246}	z_{246}
247	x_{247}	y_{247}	z_{247}
248	x_{248}	y_{248}	z_{248}
249	x_{249}	y_{249}	z_{249}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
250	x_{250}	y_{250}	z_{250}
251	x_{251}	y_{251}	z_{251}
252	x_{252}	y_{252}	z_{252}
253	x_{253}	y_{253}	z_{253}
254	x_{254}	y_{254}	z_{254}
255	x_{255}	y_{255}	z_{255}
256	x_{256}	y_{256}	z_{256}
257	x_{257}	y_{257}	z_{257}
258	x_{258}	y_{258}	z_{258}
259	x_{259}	y_{259}	z_{259}
260	x_{260}	y_{260}	z_{260}
261	x_{261}	y_{261}	z_{261}
262	x_{262}	y_{262}	z_{262}
263	x_{263}	y_{263}	z_{263}
264	x_{264}	y_{264}	z_{264}
265	x_{265}	y_{265}	z_{265}
266	x_{266}	y_{266}	z_{266}
267	x_{267}	y_{267}	z_{267}
268	x_{268}	y_{268}	z_{268}
269	x_{269}	y_{269}	z_{269}
270	x_{270}	y_{270}	z_{270}
271	x_{271}	y_{271}	z_{271}
272	x_{272}	y_{272}	z_{272}
273	x_{273}	y_{273}	z_{273}
274	x_{274}	y_{274}	z_{274}
275	x_{275}	y_{275}	z_{275}
276	x_{276}	y_{276}	z_{276}
277	x_{277}	y_{277}	z_{277}
278	x_{278}	y_{278}	z_{278}
279	x_{279}	y_{279}	z_{279}
280	x_{280}	y_{280}	z_{280}
281	x_{281}	y_{281}	z_{281}
282	x_{282}	y_{282}	z_{282}
283	x_{283}	y_{283}	z_{283}
284	x_{284}	y_{284}	z_{284}
285	x_{285}	y_{285}	z_{285}
286	x_{286}	y_{286}	z_{286}
287	x_{287}	y_{287}	z_{287}
288	x_{288}	y_{288}	z_{288}
289	x_{289}	y_{289}	z_{289}
290	x_{290}	y_{290}	z_{290}
291	x_{291}	y_{291}	z_{291}
continued on next page			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
292	x_{292}	y_{292}	z_{292}
293	x_{293}	y_{293}	z_{293}
294	x_{294}	y_{294}	z_{294}
295	x_{295}	y_{295}	z_{295}
296	x_{296}	y_{296}	z_{296}
297	x_{297}	y_{297}	z_{297}
298	x_{298}	y_{298}	z_{298}
299	x_{299}	y_{299}	z_{299}
300	x_{300}	y_{300}	z_{300}
301	x_{301}	y_{301}	z_{301}
302	x_{302}	y_{302}	z_{302}
303	x_{303}	y_{303}	z_{303}
304	x_{304}	y_{304}	z_{304}
305	x_{305}	y_{305}	z_{305}
306	x_{306}	y_{306}	z_{306}
307	x_{307}	y_{307}	z_{307}
308	x_{308}	y_{308}	z_{308}
309	x_{309}	y_{309}	z_{309}
310	x_{310}	y_{310}	z_{310}
311	x_{311}	y_{311}	z_{311}
312	x_{312}	y_{312}	z_{312}
313	x_{313}	y_{313}	z_{313}
314	x_{314}	y_{314}	z_{314}
315	x_{315}	y_{315}	z_{315}
316	x_{316}	y_{316}	z_{316}
317	x_{317}	y_{317}	z_{317}
318	x_{318}	y_{318}	z_{318}
319	x_{319}	y_{319}	z_{319}
320	x_{320}	y_{320}	z_{320}
321	x_{321}	y_{321}	z_{321}
322	x_{322}	y_{322}	z_{322}
323	x_{323}	y_{323}	z_{323}
324	x_{324}	y_{324}	z_{324}
325	x_{325}	y_{325}	z_{325}
326	x_{326}	y_{326}	z_{326}
327	x_{327}	y_{327}	z_{327}
328	x_{328}	y_{328}	z_{328}
329	x_{329}	y_{329}	z_{329}
330	x_{330}	y_{330}	z_{330}
331	x_{331}	y_{331}	z_{331}
332	x_{332}	y_{332}	z_{332}
333	x_{333}	y_{333}	z_{333}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
334	x_{334}	y_{334}	z_{334}
335	x_{335}	y_{335}	z_{335}
336	x_{336}	y_{336}	z_{336}
337	x_{337}	y_{337}	z_{337}
338	x_{338}	y_{338}	z_{338}
339	x_{339}	y_{339}	z_{339}
340	x_{340}	y_{340}	z_{340}
341	x_{341}	y_{341}	z_{341}
342	x_{342}	y_{342}	z_{342}
343	x_{343}	y_{343}	z_{343}
344	x_{344}	y_{344}	z_{344}
345	x_{345}	y_{345}	z_{345}
346	x_{346}	y_{346}	z_{346}
347	x_{347}	y_{347}	z_{347}
348	x_{348}	y_{348}	z_{348}
349	x_{349}	y_{349}	z_{349}
350	x_{350}	y_{350}	z_{350}
351	x_{351}	y_{351}	z_{351}
352	x_{352}	y_{352}	z_{352}
353	x_{353}	y_{353}	z_{353}
354	x_{354}	y_{354}	z_{354}
355	x_{355}	y_{355}	z_{355}
356	x_{356}	y_{356}	z_{356}
357	x_{357}	y_{357}	z_{357}
358	x_{358}	y_{358}	z_{358}
359	x_{359}	y_{359}	z_{359}
360	x_{360}	y_{360}	z_{360}
361	x_{361}	y_{361}	z_{361}
362	x_{362}	y_{362}	z_{362}
363	x_{363}	y_{363}	z_{363}
364	x_{364}	y_{364}	z_{364}
365	x_{365}	y_{365}	z_{365}
366	x_{366}	y_{366}	z_{366}
367	x_{367}	y_{367}	z_{367}
368	x_{368}	y_{368}	z_{368}
369	x_{369}	y_{369}	z_{369}
370	x_{370}	y_{370}	z_{370}
371	x_{371}	y_{371}	z_{371}
372	x_{372}	y_{372}	z_{372}
373	x_{373}	y_{373}	z_{373}
374	x_{374}	y_{374}	z_{374}
375	x_{375}	y_{375}	z_{375}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
376	x_{376}	y_{376}	z_{376}
377	x_{377}	y_{377}	z_{377}
378	x_{378}	y_{378}	z_{378}
379	x_{379}	y_{379}	z_{379}
380	x_{380}	y_{380}	z_{380}
381	x_{381}	y_{381}	z_{381}
382	x_{382}	y_{382}	z_{382}
383	x_{383}	y_{383}	z_{383}
384	x_{384}	y_{384}	z_{384}
385	x_{385}	y_{385}	z_{385}
386	x_{386}	y_{386}	z_{386}
387	x_{387}	y_{387}	z_{387}
388	x_{388}	y_{388}	z_{388}
389	x_{389}	y_{389}	z_{389}
390	x_{390}	y_{390}	z_{390}
391	x_{391}	y_{391}	z_{391}
392	x_{392}	y_{392}	z_{392}
393	x_{393}	y_{393}	z_{393}
394	x_{394}	y_{394}	z_{394}
395	x_{395}	y_{395}	z_{395}
396	x_{396}	y_{396}	z_{396}
397	x_{397}	y_{397}	z_{397}
398	x_{398}	y_{398}	z_{398}
399	x_{399}	y_{399}	z_{399}
400	x_{400}	y_{400}	z_{400}
401	x_{401}	y_{401}	z_{401}
402	x_{402}	y_{402}	z_{402}
403	x_{403}	y_{403}	z_{403}
404	x_{404}	y_{404}	z_{404}
405	x_{405}	y_{405}	z_{405}
406	x_{406}	y_{406}	z_{406}
407	x_{407}	y_{407}	z_{407}
408	x_{408}	y_{408}	z_{408}
409	x_{409}	y_{409}	z_{409}
410	x_{410}	y_{410}	z_{410}
411	x_{411}	y_{411}	z_{411}
412	x_{412}	y_{412}	z_{412}
413	x_{413}	y_{413}	z_{413}
414	x_{414}	y_{414}	z_{414}
415	x_{415}	y_{415}	z_{415}
416	x_{416}	y_{416}	z_{416}
417	x_{417}	y_{417}	z_{417}
<i>continued on next page</i>			

i	Subsystem	Komponente	Parameter
418	x_{418}	y_{418}	z_{418}
419	x_{419}	y_{419}	z_{419}
420	x_{420}	y_{420}	z_{420}
421	x_{421}	y_{421}	z_{421}
422	x_{422}	y_{422}	z_{422}
423	x_{423}	y_{423}	z_{423}
424	x_{424}	y_{424}	z_{424}
425	x_{425}	y_{425}	z_{425}
426	x_{426}	y_{426}	z_{426}
427	x_{427}	y_{427}	z_{427}
428	x_{428}	y_{428}	z_{428}
429	x_{429}	y_{429}	z_{429}
430	x_{430}	y_{430}	z_{430}
431	x_{431}	y_{431}	z_{431}
432	x_{432}	y_{432}	z_{432}
433	x_{433}	y_{433}	z_{433}
434	x_{434}	y_{434}	z_{434}
435	x_{435}	y_{435}	z_{435}

Tabelle A.6: Alle Relationen der Parameter

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
1	MA		Missionsdauer	2,3,4,8,9,12,14,412,413,414,415
2			Orbitperiode	1,3,4,8,9,12,32,53,74,95,116
3			große Halbachse	
4			Exzentrizität	
5			Bahnneigung	
6			Rektaszension	
7			Argument des Perigäum	
8			mittlere Anomalie	2,3,4,9,10,12
9			exzentrische Anomalie	3,4,8,12
10			Winkel Geschwindigkeit	3
11			Solar Konstante	3,4,5,6,7,8,9,12
12			wahre Anomalie	
13			Positionsvektor	3,4,5,6,7,8,9,12
14			Bahnstörung	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,16
15				18,19,20,21,22,23,37,39,40,41,42 43,44,58,60,61,62,63,64,65,79,81 82,83,84,85,86,100,102,103,104,105,106 107,126,128,129,130,131,132,152,154,155,156 157,158,179,181,182,183,184,186,233,235,236 237,238,239,240,254,256,258,259,260,261,262 283,285,286,287,288,289,290,296,301,303,304 305,306,307,308,318,320,321,322,323,324,332 334,339,341,342,343,344,345,346,358,360,361 362,363,364,372,374,381,382,383,384,385,386 387,397,399,400,401,402,403,404,420,422,423 424,425,426,427,428
16	INT	CUSP	Masse	18,19,20,21,22,23,239,415,423
17			Housekeeping Data	
18			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,16
19				19,20,21,22,23,28,29,30,31,395
20			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,18,20 21,22,23,28,29,30,31
21			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,16 18,19,21,23,28,29,30,31,395
22			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,16 18,19,20,23,28,29,30,31,395
23			Oberfläche max	18,19,20,21,23,239
24			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,16 19,20,21,28,29,30,31,395
25			Leistungsanspruch max je Mod	25,27
26			Spannung max	24,27
27			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,18,24,25
28			Stromfluss Max	
29			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,18,19 20,21,22,23,29,30,31,52,73,94,115 140,166,192,248,254,270,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432
30			Absorptionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,18 19,20,21,22,30,51,72,93,114,139,165 191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410 431
31			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,18,19,20,21,22,23,28,29,31,50 71,92,113,138,164,190,246,268,293,295,313 329,351,369,409,430
32			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,18 19,20,21,22,23,28,29,30,239,254
33			Pointing Genauigkeit	
34			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,35,122,141,146 148,167,172,174,197,220
35			Schnittstelle	
36			Betriebsdauerverhältniss	1,2,3,4,5,6,8,9,12,14,24 25,27,33,141,148,149,167,174,175,273
37	INT	VIRCOR	Masse	39,40,41,42,43,44,239,415,423
38			Housekeeping Data	
39			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,37 40,41,42,43,44,49,50,51,52
40				3,4,5,6,7,8,9,11,12,39,41 42,43,44,49,50,51,52
41			Form	
42			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,37 39,40,42,44,49,50,51,52
43			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,37 39,40,41,44,49,50,51,52
44			Oberfläche max	39,40,41,42,44,239
45			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,37

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
46			Leistungsanspruch max je Mod	40,41,42,49,50,51,52
47			Spannung max	46,48
48			Strahlenbelastung max	45,48
49			Stromfluss Max	1,4,5,7,8,9,12,39,45,46
50			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,39
				40,41,42,43,44,50,51,52,73,94,115
				140,166,192,248,254,270,292,298,315,331,353
				355,371,390,411,423,432
51		Absorbtionsleistung		3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30
				39,40,41,42,43,51,72,93,114,139,165
				191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410
				431
52		Emissionsleistung		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				14,29,39,40,41,42,43,44,49,50,52
				71,92,113,138,164,190,246,268,293,295,313
				329,351,369,409,430
53		Wärmestrom		2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,39
				40,41,42,43,44,49,50,51,239,254
54		Pointing Genauigkeit		
55		Datenrate		1,2,3,4,8,9,12,56,122,141,146
				148,167,172,174,197,220
56		Schnittstelle		
57		Betriebsdauerverhältniss		1,2,3,4,5,6,8,9,12,14,45
				46,48,54,141,148,149,167,174,175,273
58	INT	EIP		
59			Masse	60,61,62,63,64,65,239,415,423
60			Housekeeping Data	
61			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,58
				61,62,63,64,65,70,71,72,73
62			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,60,62
				63,64,65,70,71,72,73
63			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,58
				60,61,63,65,70,71,72,73
64			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,58
				60,61,62,65,70,71,72,73
65			Oberfläche max	60,61,62,63,65,239
66			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,58
				61,62,63,70,71,72,73
67			Leistungsanspruch max je Mod	67,69
68			Spannung max	66,69
69			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,60,66,67
70			Stromfluss Max	
71			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52
				60,61,62,63,64,65,71,72,73,94,115
				140,166,192,248,254,270,292,298,315,331,353
				355,371,390,411,423,432
72		Absorbtionsleistung		3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30
				51,60,61,62,63,64,72,93,114,139,165
				191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410
				431
73		Emissionsleistung		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				14,29,50,60,61,62,63,64,65,70,71
				73,92,113,138,164,190,246,268,293,295,313
				329,351,369,409,430
74		Wärmestrom		2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,60
				61,62,63,64,65,70,71,72,239,254
75		Pointing Genauigkeit		
76		Datenrate		1,2,3,4,8,9,12,77,122,141,146
				148,167,172,174,197,220
77		Schnittstelle		
78		Betriebsdauerverhältniss		1,2,3,4,5,6,8,9,12,14,66
				67,69,75,141,148,149,167,174,175,273
79	INT	SUSP		
80			Masse	81,82,83,84,85,86,239,415,423
81			Housekeeping Data	
82			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,79
				82,83,84,85,86,91,92,93,94
83			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,81,83
				84,85,86,91,92,93,94
84			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,79
				81,82,84,86,91,92,93,94
85			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,79
				81,82,83,86,91,92,93,94
86			Oberfläche max	81,82,83,84,86,239
87			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,79
				82,83,84,91,92,93,94
88			Leistungsanspruch max je Mod	88,9
89			Spannung max	87,9
90			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,81,87,88
91			Stromfluss Max	
92			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
93	INT	ChroME	Absorptionsleistung	73,81,82,83,84,85,86,92,93,94,115 140,166,192,248,254,270,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432 3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,81,82,83,84,85,93,114,139,165 191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410 431
94			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,81,82,83,84,85,86,91 92,94,113,138,164,190,246,268,293,295,313 329,351,369,409,430
95			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,81 82,83,84,85,86,91,92,93,239,254
96			Pointing Genauigkeit	
97			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,98,122,141,146 148,167,172,174,197,220
98			Schnittstelle	
99			Betriebsdauerverhältniss	1,2,3,4,5,6,8,9,12,14,87 88,90,96,141,148,149,167,174,175,273
100			Masse	1,02103104105106E+17,239,415,423
101			Housekeeping Data	
102			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,100 103,104,105,106,107,112,113,114,115
103				3,4,5,6,7,8,9,11,12,102,104 105,106,107,112,113,114,115
104			Form	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,100 102,103,105,107,112,113,114,115
105			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,100 102,103,105,107,112,113,114,115
106			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,100 102,103,104,107,112,113,114,115
107			Oberfläche max	1,02103E+17
108			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,100 103,104,105,112,113,114,115
109			Leistungsanspruch max je Mod	109111
110			Spannung max	108111
111			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,102,108,109
112			Stromfluss Max	
113			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,102,103,104,105,106,107,113,114,115 140,166,192,248,254,270,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432 3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,102,103,104,105,106,114,139,165 191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410 431
114	DVS	Bodenstation	Absorptionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,102,103,104,105,106,107 112,113,115,138,164,190,246,268,293,295,313 329,351,369,409,430
115			Emissionsleistung	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,102 103,104,105,106,107,112,113,114,239,254
116			Wärmestrom	
117			Pointing Genauigkeit	
118			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,119,122,141,146 148,167,172,174,197,220
119			Schnittstelle	
120			Betriebsdauerverhältniss	1,2,3,4,5,6,8,9,12,14,108 109,111,117,141,148,149,167,174,175,273
121			Verfügbarkeit	
122			Datenmenge	1,2,3,4,8,9,12,17,33,38,54 59,75,80,96,101,117,124,127,146,147,152 153,154,155,156,157,158,163,166,172,173,179 180,181,182,183,184,185,186,189,192,193,196 197,198,205,208,215,216,219,220,221,228,231 234,257,284,302,319,340,359,380,398,421
123				1,2,3,4,8,9,12,17,33,38,54 59,75,80,96,101,117,122,127,141,146,147 148,152,153,154,155,156,157,158,163,166,167 172,173,174,179,180,181,182,183,184,185,186 189,192,193,196,197,198,205,208,215,216,219 220,221,228,231,234,257,284,302,319,340,359 380,398,421
124			Schnittstelle	
125			Datenrate	
126		CPU	Masse	1,28129130131132E+17,289,415,423
127			Housekeeping Data	
128			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 126,129,130,131,132,137,138,139,140,289
129				3,4,5,6,7,8,9,11,12,128,130 131,132,137,138,139,140
130			Form	
131			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 126,128,129,131,132,137,138,139,140

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
132			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 126,129,130,132,137,138,139,140
133			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 126,129,130,131,137,138,139,140
134			Leistungsanspruch max je Mod	134136
135			Spannung max	133136
136			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,128
137			Stromfluss Max	133134
138			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,128,129,130,131,132,138,139,140 166,192,248,254,270,289,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432
139			Absorbtiionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,128,129,130,131,139,165,191 247,269,294,295,314,330,352,370,395,410,431
140			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,128,129,130,131,132 137,138,140,164,190,246,268,293,295,313,329 351,369,409,430
141			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,128 129,130,131,132,137,138,139,239,254,289
142			Befehlssatz	35,56,77,98,119
143			Taktrate	35,56,77,98,119,133,134,135,136,137,138 139,140,141,143,144,145,146,147,148,149,169 171,175,177,195,196,197,218,219,220
144			Instruction per Cycle	
145			Adressbus	
146			Busbreite	141
147			Datenmenge	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 126,127,128,129,130,131,132,147,152,153,154 155,156,157,158,163,166,172,173,179,180,181 182,183,184,185,186,189,192,193,196,197,198 205,208,215,216,219,220,221,228,231
148			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,174,175,177,179,180,181,182,183,184,185 186,189,192,193,195,196,197,198,199,201,202 204,205,206,207,208,209,215,216,218,219,220 221,222,223,224,225,227,228,229,230,231,234 257,284,302,319,340,359,380,398,421
149			Programmausführzeit	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 147,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,174,175,177,179,180,181,182,183,184,185 186,189,192,193,195,196,197,198,199,201,202 204,205,206,207,208,209,215,216,218,219,220 221,222,223,224,225,227,228,229,230,231,234 257,284,302,319,340,359,380,398,421
150			Millionen Instruktionen pro Sekunde	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,152,153,154,155,156,157,158,159,160,162 163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173 174,175,177,179,180,181,182,183,184,185,186 189,192,193,195,196,197,198,199,201,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,219,220,221 222,223,224,225,227,228,229,230,231,234,257 284,302,319,340,359,380,398,421
151			Schnittstelle	
152		Massenspeicher	Masse	1,54155156157158E+17,289,415,423
153			Housekeeping Data	
154			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 152,155,156,157,158,163,164,165,166,289
155			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,154,156 157,158,163,164,165,166
156			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 152,154,155,157,158,163,164,165,166
157			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 152,155,156,158,163,164,165,166
158			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 152,155,156,157,163,164,165,166
159			Leistungsanspruch max je Mod	160162
160			Spannung max	159162
161			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,154
162			Stromfluss Max	159160
163				

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
164			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,154,155,156,157,158,164,165 166,192,248,254,270,289,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432
165			Absorptionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,154,155,156,157,158,165 191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410 431
166			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,154,155,156,157 158,163,164,166,190,246,268,293,295,313,329 351,369,409,430
167			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,154 155,156,157,158,163,164,165,239,254,289
168			Befehlssatz	35,56,77,98,119
169			Taktrate	35,56,77,98,119,143,145,149,159,160,161 162,163,164,165,166,167,169,171,172,173,174 175,177
170			Instruction per Cycle	
171			Adressbus	
172			Busbreite	167
173			Datenmenge	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 152,153,154,155,156,157,158,163,166,173,179 180,181,182,183,184,185,186,189,192,193,196 197,198,205,208,215,216,219,220,221,228,231
174			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 174,175,177,179,180,181,182,183,184,185,186 189,192,193,195,196,197,198,199,201,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,219,220,221 222,223,224,225,227,228,229,230,231,234,257 284,302,319,340,359,380,398,421
175			Programmausführzeit	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,175,177,179,180,181,182,183,184,185,186 189,192,193,195,196,197,198,199,201,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,219,220,221 222,223,224,225,227,228,229,230,231,234,257 284,302,319,340,359,380,398,421
176			Millionen Instruktionen pro Sekunde	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,174,177,179,180,181,182,183,184,185,186 189,192,193,195,196,197,198,199,201,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,219,220,221 222,223,224,225,227,228,229,230,231,234,257 284,302,319,340,359,380,398,421
177			Schnittstelle	
178			Schreibzyklen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,17 35,38,56,59,77,80,98,101,119,127,141 142,144,146,147,148,149,153,167,168,170,172 173,174,175,180,195,212,218,234,257,284,302 319,340,359,380,398,421
179	KOM	Antenne	Masse	1,81182183184186E+17,289,415,423
180			Housekeeping Data	
181			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 179,182,183,184,186,189,190,191,192,289
182			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,181,183 184,186,189,190,191,192,201
183			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 179,181,182,184,186,189,190,191,192
184			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 179,181,182,183,186,189,190,191,192
185			Querschnittsfläche Max	
186			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 179,182,183,184,189,190,191,192
187			Spannung max	188
188			Stromfluss Max	187
189			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,181,182,183,184,186,190 191,192,248,254,270,289,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432
190				

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
191			Absorptionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,181,182,183,184,185 191,247,269,294,295,314,330,352,370,395,410 431
192			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,181,182,183 184,185,186,189,190,192,246,268,293,295,313 329,351,369,409,430
193			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,181 182,183,184,186,189,190,191,239,254,289 198221
194			Bandbreite	198221
195			Abdeckung	3,5
196			Kontaktzeit	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12 13,141,167,179,180,181,182,183,184,185,187 188,189,190,191,192,193,196,197,198,199,201 202,203,204,205,206,207,208,209,215,216,218 219,220,221,222,224,228,231
197			Datenrate	1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119 122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,174,175,177,179,180,181,182,183,184,185 186,189,192,193,195,197,198,199,201,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,219,220,221 222,223,225,227,228,229,230,231,234,257,284 302,319,340,359,380,398,421
198			Datenmenge	1,2,3,4,8,9,11,12,17,33,38 54,59,75,80,96,101,117,146,147,148,172 173,174,181,182,183,184,185,187,188,189,190 191,192,193,195,196,198,199,201,202,203,204 205,206,207,208,211,212,218,219,220,222
199			Frequenz	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
200			Antennengewinn	14,179,181,182,183,184,185,187,188,189,190 192,193,198,201,209
201			Keulenbreite	3,4,5,6,7,8,9,11,12,181,182 184,185,189,190,191,192,198,201
202			Entfernung zur Bodenstation	3,4,5,6,7,8,9,12
203			Energie pro Bit	3,4,5,6,7,8,9,11,12,127,133 134,136,141,142,143,144,145,146,147,148,149 153,159,160,162,167,168,169,170,171,172,173 174,175,177,181,182,184,185,187,188,189,190 191,192,193,196,198,199,201,203,204,206,207 209,211,212,215,221,222,224,228
204			EIRP	3,4,5,6,7,8,9,11,12,181,182 184,185,187,188,189,190,191,192,198,199,209 211,212
205			C	3,4,5,6,7,8,9,11,12,181,182 184,185,187,188,189,190,191,192,198,199,201 203,206,207,209,211,212,215,221,222,224,228
206			Rauschen	3,4,5,6,7,8,9,11,12,181,182 184,185,189,190,191,192,193,198,212
207			Eb/No	3,4,5,6,7,8,9,11,12,127,133 134,136,141,142,143,144,145,146,147,148,149 153,159,160,162,167,168,169,170,171,172,173 174,175,177,181,182,184,185,187,188,189,190 191,192,193,196,197,198,199,200,201,202,203 204,205,207,208,209,211,212,216,219,222,228 231
208			C/No	3,4,5,6,7,8,9,12,127,133,134 136,141,142,143,144,145,146,147,148,149,153 159,160,162,167,168,169,170,171,172,173,174 175,177,179,181,182,184,185,187,188,189,190 191,192,193,196,197,198,199,200,201,202,203 204,205,206,208,209,211,212,215,221,222,231
209			Elevation	3,4,5,6,7,8,9,11,12,201
210			Wirkungsgrad	
211		Sender/F/M/A	Leistungsanspruch max je Mod	242244
212			Leistungsverluste	
213				
214				
215		BodenStation	Querschnittsfläche Max	
216			Bandbreite	198221
217			Abdeckung	3,5
218			Kontaktzeit	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,13 179,180,181,182,183,184,185,189,190,191,192 193,195,196,197,198,199,201,205,208,209,215 216,220,221,222,225,226,227,228,229,230,231
219				1,2,3,4,8,9,12,17,33,35,38 54,56,59,75,77,80,96,98,101,117,119
220			Datenrate	

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
				122,127,133,134,136,141,142,143,144,145,146 148,149,152,153,154,155,156,157,158,159,160 162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172 173,174,175,177,179,180,181,182,183,184,185 186,189,192,193,195,196,197,198,199,202,204 205,206,207,208,209,215,216,218,220,221,222 223,224,225,227,228,229,230,231,234,257,284 302,319,340,359,380,398,421
221			Datenmenge	1,2,3,4,8,9,11,12,17,33,38 54,59,75,80,96,101,117,146,147,148,172 173,174,195,196,197,199,211,212,222
222			Frequenz	
223			Antennengewinn	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,215 221
224			Keulenbreite	3,4,5,6,7,8,9,11,12,215,221 224
225			Entfernung zur Antenne	3,4,5,6,7,8,9,12
226			Energie pro Bit	1,27133134136141E+17,143,144,145,146,147 148,149,153,159,160,162,167,168,169,170,171 172,173,174,175,177,181,182,184,185,189,190 191,192,199,201,205,211,212,216,219,221,222 226,227,228,229,230 2,11212E+17
227			EIRP	1,81182184185189E+17,191,192,198,199,201
228			C	205,211,212,215,221,222,224,226,228
229			Rauschen	3,4,5,6,7,8,9,11,12,212,216 221
230			Eb/No	3,4,5,6,7,8,9,12,127,133,134 136,141,142,143,144,145,146,147,148,149,153 159,160,162,167,168,169,170,171,172,173,174 175,177,181,182,184,185,189,190,191,192,193 196,197,198,199,200,201,202,205,208,209,211 212,215,216,219,222,225,226,227,228,230 3,4,5,6,7,8,9,12,127,133,134
231			C/No	136,141,142,143,144,145,146,147,148,149,153 159,160,162,167,168,169,170,171,172,173,174 175,177,179,181,182,184,185,186,187,188,189 190,191,192,193,196,197,198,199,200,201,202 203,204,205,208,209,211,212,215,216,219,221 222,223,225,226,227,228,229,231 3,4,5,6,7,8,9,12,224
232	EVS	Solar Panele	Elevation	
233			Masse	2,35236237238239E+17,289,415,423
234			Housekeeping Data	
235			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 233,236,237,238,239,240,245,246,247,248,254 289
236				
237			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,235,237 238,239,240,245,246,247,248
238			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 233,235,236,238,239,240,245,246,247,248,254
239			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 233,235,236,237,240,245,246,247,248,254
240			projizierte Fläche	2,35236E+14
241			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 233,236,237,238,239,245,246,247,248,254
242			Leistungsanspruch max je Mod	242244
243			Spannung max	241244
244			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,235,241,242
245			Stromfluss Max	
246			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,235,236,237,238,240 246,247,248,254,270,289,292,298,315,331,353 355,371,390,411,423,432
247			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,235,236,237,238 239,240,247,269,294,295,314,330,352,370,395 410,431
248			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,235,236 237,238,239,240,245,246,248,268,293,295,313 329,351,369,409,430
249			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,235 236,237,238,239,240,245,246,247,254,289
250			Kurzschlußstrom	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 235,236,237,238,239,240,241,242,244,245,246 247,248,251,252,254
251			Lastwiderstand	
252			Füllfaktor	1,3,4,5,6,7,8,9,11,12,24 45,66,87,108,133,159,211,239,242,243,244 245,246,247,248,249,254,263,309,325,347,365 405

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
253		Energiespeicher	Wirkungsgrad	
254			Schnittstelle	
255			Einfallswinkel	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13
256				
257			Masse	2,58259260261262E+17,289,296,415,423
258			Housekeeping Data	
259			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				256,259,260,261,262,267,268,269,270,289
260			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,258,260
				261,262,267,268,269,270
261			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				256,258,259,261,262,267,268,269,270
262			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				256,258,259,260,262,267,268,269,270
263			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				256,259,260,261,267,268,269,270
264			Leistungsanspruch max je Mod	264266
265			Spannung max	263266
266			Strahlenbelastung max	1,4,5,7,8,9,12,258
267			Stromfluss Max	263264
268			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52
				73,94,115,140,166,192,248,258,259,260,261
				262,268,269,270,289,292,298,315,331,353,355
				371,390,411,423,432
269		Absorbtionsleistung		3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30
				51,72,93,114,139,165,191,247,258,259,260
				261,262,269,294,295,314,330,352,370,395,410
				431
270		Emissionsleistung		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,258
				259,260,261,262,267,268,270,293,295,313,329
				351,369,409,430
271		Wärmestrom		2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,258
				259,260,261,262,267,268,269,289,296
272		Kapazität		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				17,24,25,27,33,38,45,46,48,54,59
				66,67,69,75,80,87,88,90,96,101,108
				109,111,117,122,124,127,133,134,136,141,142
				146,147,148,153,159,160,162,167,168,172,173
				174,180,187,188,201,211,234,241,242,244,257
				258,259,260,261,262,263,264,266,267,268,269
				270,273,274,275,277,284,302,309,310,311,319
				325,326,327,340,347,348,349,359,365,366,367
				380,398,405,406,407,421
273		Kalenderlebensdauer		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,24
				25,27,45,46,48,66,67,69,87,88,90
				108,109,111,133,134,136,141,142,143,144,145
				147,148,149,159,160,162,167,168,169,170,171
				173,174,175,177,187,188,211,241,242,244,258
				259,260,261,262,263,264,266,267,268,269,270
				271,273,274,275,277,309,310,311,325,326,327
				347,348,349,365,366,367,405,406,407
274		Zyklenlebensdauer		1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,24
				25,27,35,45,46,48,56,66,67,69,77
				87,88,90,98,108,109,111,119,133,134,136
				141,159,160,162,167,187,188,211,241,242,244
				263,264,266,267,268,269,270,271,272,274,275
				277,309,310,311,325,326,327,347,348,349,365
				366,367,405,406,407
275		DOD		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				17,24,25,27,35,38,45,46,48,56,59
				66,67,69,77,80,87,88,90,98,101,108
				109,111,119,127,133,134,136,141,142,143,145
				147,148,149,153,159,160,162,167,168,169,171
				173,174,175,177,180,187,188,201,211,234,241
				242,244,257,258,259,260,261,262,263,264,266
				267,268,269,270,271,273,275,277,284,302,309
				310,311,319,325,326,327,340,347,348,349,359
				365,366,367,380,398,405,406,407,421
276		Energiedichte		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				24,45,66,87,108,133,159,211,241,254,256
				258,259,260,261,262,264,266,267,268,269,270
				273,309,325,347,365,405
277		Schnittstelle		
278		Entladespannung		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12
				24,25,27,45,46,48,66,67,69,87,88
				90,108,109,111,133,134,136,159,160,162,187
				188,211,241,242,244,263,264,266,267,268,269
				270,309,310,311,325,326,327,347,348,349,365
				366,367,405,406,407
279	Power Control Unit			
280				

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
281	TS	Radiatoren	PDU	
282				
283				
284			Masse	2,85286287288289E+17,296,415,423
285			Housekeeping Data	
286			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 283,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295 296,298
287			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,285,287 288,290,291,292,293,294,295,296
288			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 283,285,286,288,290,291,292,293,294,295,296 298
289			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 283,285,286,287,290,291,292,293,294,295,296 298
290			Oberfläche max	2,85286E+17
291			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 283,286,287,288,291,292,293,294,295,296,298
292			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,285,286,287 288,289,290,292,293,294,298,315,331,353,355 371,390,411,423,432
293			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,285 286,287,288,289,290,291,293,294,296
294			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,285,286 287,288,289,290,294,295,314,330,352,370,395 410,431
295			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 285,286,287,288,289,290,291,292,293,295,296 297,298,313,329,351,369,409,430
296			Reflexionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,285,286 287,288,289,290,293,294,314,330,352,370,395 410,431
297		Heizer	projizierte Fläche	2,85286E+11
298			thermische Kontaktleitfähigkeit	
299			thermischer Widerstand	
300			Schnittstelle	
301				
302			Masse	3,03304305306307E+17,415,423
303			Housekeeping Data	
304			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,301 304,305,306,307,308,312,313,314,315
305			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,303,305 306,308,312,313,314,315
306			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,301 303,304,306,308,312,313,314,315
307			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,301 303,304,305,308,312,313,314,315
308			Oberfläche max	3,03304E+14
309			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,301 304,305,306,312,313,314,315
310			Leistungsanspruch max je Mod	310311
311			Spannung max	309311
312			Stromfluss Max	309310
313			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,303,304 305,306,307,308,313,314,315,331,353,355,371 390,411,423,432
314			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 303,304,305,306,307,308,314,330,352,370,395 410,431
315			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,303,304,305,306,307,308,312,313,315 329,351,369,409,430
316			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,303 304,305,306,307,308,312,313,314
317	LBS	Gyroskop	Schnittstelle	
318				
319			Masse	3,203213223232324E+17,415,423
320			Housekeeping Data	
321			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 318,321,322,323,324,328,329,330,331,345
322			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,320,322 323,324,328,329,330,331
323			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 318,320,321,323,324,328,329,330,331

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
324			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 318,320,321,322,324,328,329,330,331
325			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 318,321,322,323,328,329,330,331
326			Leistungsanspruch max je Mod	326327
327			Spannung max	325327
328			Stromfluss Max	325326
329			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,320 321,322,323,324,329,330,331,345,353,355,371 390,411,423,432
330			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,320,321,322,323,324,330,352,370,395,410 431
331			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,320,321,322,323,324,328,329,331 351,369,409,430
332			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,320 321,322,323,324,328,329,330,345
333			Gravitationsmoment	2,3,4,5,7,9,12,16,37,58,79 100,126,152,179,233,256,283,301,318,339,358 381,397,420
334			Drehmoment	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,32 53,74,95,116,320,321,322,323,324,325,332 334,335,358,360,362,363,364,365,372,374,376 377,412
335			Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,16,18 19,20,21,22,23,37,39,40,41,42,43 44,58,60,61,62,63,64,65,79,81,82 83,84,85,86,100,102,103,104,105,106,107 126,152,179,181,182,183,184,185,186,233,235 236,237,238,239,240,254,256,283,285,286,287 288,289,290,296,301,307,318,339,345,358,381 382,383,384,385,386,387,397,399,400,401,402 403,404,415,418,420,427
336			Drehrate	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,320 321,322,323,324,325,332,333,334,335,358,360 362,363,364,365,372,374,376,377,412
337			Nullpunktdrift	1,3,4,5,6,7,8,9,11,12,320 321,322,323,324,328,329,330,331
338			Schnittstelle	
339				
340			Masse	3,41342343344345E+17,415,423
341			Housekeeping Data	
342			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 339,340,342,343,344,345,346,350,351,352,353 355
343			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,343,344 346,350,351,352,353
344			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 339,340,341,342,344,346,350,351,352,353,355
345			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 339,340,341,342,343,346,350,351,352,353,355
346			Oberfläche max	3,41342E+14
347			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 339,340,342,343,344,350,351,352,353,355
348			Leistungsanspruch max je Mod	348349
349			Spannung max	347349
350			Stromfluss Max	347348
351			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,331 341,342,343,344,345,346,351,352,353,355,371 390,411,423,432
352			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,330,341,342,343,344,345,346,352,370,395 410,431
353			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,329,341,342,343,344,345,346,350 351,353,369,409,430
354			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,341 342,343,344,345,346,350,351,352
355			Wellenlänge	
356			Temperaturstabilität	
357			Schnittstelle	
358				
359			Masse	3,60361362363364E+17,415,423
360			Housekeeping Data	
361			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
362			Form	358,361,362,363,364,368,369,370,371,386 3,4,5,6,7,8,9,11,12,360,362 363,364,368,369,370,371
363			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 358,360,361,363,364,368,369,370,371
364			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 358,360,361,362,364,368,369,370,371
365			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 358,361,362,363,368,369,370,371
366			Leistungsanspruch max je Mod	366367
367			Spannung max	365367
368			Stromfluss Max	365366
369			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,331 353,360,361,362,363,364,369,370,371,386,390 411,423,432
370			Absorptionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,330,352,360,361,362,363,364,370,395,410 431
371			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,329,351,360,361,362,363,364,368 369,371,409,430
372			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,360 361,362,363,364,368,369,370,386
373			Gravitationsmoment	2,3,4,5,7,9,12,16,37,58,79 100,126,152,179,233,256,283,301,318,339,358 381,397,420
374			Drehmoment	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,32 53,74,95,116,320,321,322,323,324,325,332 333,334,335,358,360,362,363,364,365,372,374 376,377,412,413,415,416,433
375			Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,16,18 19,20,21,22,23,37,39,40,41,42,43 44,58,60,61,62,63,64,65,79,81,82 83,84,85,86,100,102,103,104,105,106,107 126,152,179,181,182,183,184,185,186,233,235 236,237,238,239,240,254,256,283,285,286,287 288,289,290,296,301,307,318,339,345,358,381 382,383,384,385,386,387,397,399,400,401,402 403,404,415,418,420,427
376			Drehimpuls	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,32 53,74,95,116,320,321,322,323,324,325,332 333,334,335,358,360,362,363,364,365,372,374 376,377,412,413,415,416,433
377			Winkelgeschwindigkeiten	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,320 321,322,323,324,325,332,333,334,335,358,360 362,363,364,365,372,374,376,377,412
378			Drallkapazität	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,14 16,18,19,20,21,22,23,29,30,32,37 39,40,41,42,43,44,50,51,53,58,60 61,62,63,64,65,71,72,74,79,81,82 83,84,85,86,92,93,95,100,102,103,104 105,106,107,113,114,116,126,128,129,130,131 132,138,139,152,154,155,156,157,158,164,165 179,181,182,183,184,186,190,191,233,235,236 237,238,239,240,246,247,254,256,258,259,260 261,262,268,269,283,285,286,287,288,289,290 293,294,296,301,303,304,305,306,307,308,313 314,318,320,321,322,323,324,329,330,332,339 341,342,343,344,345,346,351,352,358,360,361 362,363,364,365,366,367,369,370,372,373,374 375,381,382,383,384,385,386,387,394,395,397 399,400,401,402,403,404,409,410,416,418,420 422,423,424,425,426,427,428,430,431,433
379	SIMK			
380			Massenschwerpunkt	16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,385,387,397,399,400 401,402,404,415,416,418,420,422,423,424,425 426,428,433
381			Housekeeping Data	
382			Masse	16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
383		Breite		130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,382,383,384,385,386,387,397,399,400 401,402,404,415,416,420,422,423,424,425,426 428,433
				1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,383,384,385,386,387,389,390,397 399,400,401,402,404,416,418,420,422,424,425 426,428,433
384		Form		3,4,5,6,7,8,9,11,12,18,19 20,21,23,39,40,41,42,44,60,61,62 63,65,81,82,83,84,86,102,103,104,105 107,128,129,130,131,132,154,155,156,157,158 181,182,183,184,186,235,236,237,238,240,258 259,260,261,262,285,286,287,288,290,303,304 305,306,308,320,321,322,323,324,341,342,343 344,346,360,361,362,363,364,382,384,385,386 387,389,390,394,395,397,399,400,401,402,404 416,418,422,424,425,426,428,433
				1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,385,387,389,390,397,399 400,401,402,404,416,418,420,422,424,425,426 428,433
385		Tiefe		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,385,387,389,390,397,399 400,401,402,404,416,418,420,422,424,425,426 428,433
				1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,387,389,390,397,399 400,401,402,404,416,418,420,422,424,425,426 428,433
386		Laenge		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,387,389,390,397,399 400,401,402,404,416,418,420,422,424,425,426 428,433
				1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,385,389,390,397,399 400,401,402,404,416,418,420,422,424,425,426 428,433
387		Oberfläche max		22,43,64,85,106,289,307,345,360,361,362 363,364,403,427
388		Volumen		1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181 182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,385,389,390,397,399 400,401,402,404,420,422,423,424,425,426,428 428,433
389		Lasten max dynamisch		16,18,19,20,21,23,28,31,37,39,40 41,42,44,49,52,58,60,61,62,63,65 70,73,79,81,82,83,84,86,91,94,100 102,103,104,105,107,112,115,126,128,129,130 131,132,137,140,152,154,155,156,157,158,163 166,179,181,182,183,184,186,189,192,233,235 236,237,238,240,245,248,256,258,259,260,261 262,267,270,283,285,286,287,288,290,291,292 301,303,304,305,306,308,312,315,318,320,321 322,323,324,328,331,339,341,342,343,344,346 350,353,358,360,361,362,363,364,368,371,381 382,383,384,385,387,389,390,397,399,400,401 402,404,408,411,416,420,422,423,424,425,426 428,429,432,433,434
390		Temperatur mittel		3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
				73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,331 353,360,361,362,363,364,369,370,371,386,390 411,423,432
391			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,360 361,362,363,364,368,369,370,386
392			Thermische Ausdehnung	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,382 383,384,385,386,387,389,390,394,395
393			Schnittstelle	
394			Margin of Safety	16,18,19,20,21,23,28,31,37,39,40 41,42,44,49,52,58,60,61,62,63,65 70,73,79,81,82,83,84,86,91,94,100 102,103,104,105,107,112,115,126,128,129,130 131,132,137,140,152,154,155,156,157,158,163 166,179,181,182,183,184,186,189,192,233,235 236,237,238,240,245,248,256,258,259,260,261 262,267,270,283,285,286,287,288,290,291,292 301,303,304,305,306,308,312,315,318,320,321 322,323,324,328,331,339,341,342,343,344,346 350,353,358,360,361,362,363,364,368,371,381 382,383,384,385,387,389,390,397,399,400,401 402,404,408,411,416,420,422,423,424,425,426 428,429,432,433,434
395			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,330,352,370,382,383,384,385,386,387,395 410,431
396			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,329,351,369,382,383,384,385,386 387,389,390,394,409,430
397	AS	Düsen		
398			Masse	3,99400401402403E+17,413,414,415,418,423
399			Housekeeping Data	
400			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 397,400,401,402,403,404,408,409,410,411,413 414,418
401			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,399,401 402,403,404,408,409,410,411,413,414,418
402			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 397,399,400,402,404,408,409,410,411,413,414 418
403			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 397,399,400,401,404,408,409,410,411,413,414 418
404			Oberfläche max	3,99400401402404E+17,414,418
405			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 397,400,401,402,408,409,410,411,413,414,418
406			Leistungsanspruch max je Mod	406407
407			Spannung max	405407
408			Stromfluss Max	405406
409			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,331 353,371,390,399,400,401,402,403,404,409,410 411,423,432
410			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,330,352,370,395,399,400,401,402,403,404 410,431
411			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,329,351,369,399,400,401,402,403 404,408,409,411,430
412			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,399 400,401,402,403,404,408,409,410
413			Triebweksschub	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,14 413,414,415,418
414			spezifischer Impuls	4,12414E+17
415			Geschwindigkeitsbedarf	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,16,37,58,79,100,126,152,179,233,239 246,247,256,283,301,318,332,334,339,358,372 374,381,386,394,395,397,412,413,415,416,418 420,433
416			Massenfluß	1,2,412,413,414,433
417			Treibstoffmasse	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,14 16,37,58,79,100,126,152,179,233,256,283 301,318,339,358,381,397,412,413,414,415,418 420
418			Schnittstelle	
419			Startmasse	16,18,19,20,21,23,37,39,40,41,42 44,58,60,61,62,63,65,79,81,82,83 84,86,100,102,103,104,105,107,126,128,129 130,131,132,152,154,155,156,157,158,179,181

continued on next page

i	Subsystem	Komponente	Parameter	Relation
				182,183,184,186,233,235,236,237,238,240,256 258,259,260,261,262,283,285,286,287,288,290 301,303,304,305,306,308,318,320,321,322,323 324,339,341,342,343,344,346,358,360,361,362 363,364,381,382,383,384,385,387,397,399,400 401,402,404,412,413,414,415,416,420,422,423 424,425,426,428,433
420		Tank		
421			Masse	16,37,58,79,100,121,126,152,179,233,256 283,301,318,339,358,381,397,412,413,414,415 416,418,422,423,424,425,426,427,428,434
422			Housekeeping Data	
423			Breite	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 413,414,418,420,423,424,425,426,427,428,429 430,431,432,433,434
424			Dichte	1,2,3,4,8,9,11,12,412,413,414 415,416,418,420,422,424,425,426,427,428,429 430,431,432,433,434
425			Form	3,4,5,6,7,8,9,11,12,413,414 418,422,423,425,426,427,428,429,430,431,432 433,434
426			Tiefe	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 413,414,418,420,422,423,424,426,428,429,430 431,432,433,434
427			Laenge	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 413,414,418,420,422,423,424,425,427,428,429 430,431,432,433,434
428			Oberfläche max	4,13414418422424E+17,426,428,433,434
429			Volumen	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 413,414,418,420,423,424,425,426,429,430,431 432,433,434
430			Temperatur mittel	3,4,5,6,7,8,9,11,12,31,52 73,94,115,140,166,192,248,270,292,315,331 353,371,390,411,422,423,424,425,426,427,428 430,431,432
431			Absorbtionsleistung	3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,30 51,72,93,114,139,165,191,247,269,294,295 314,330,352,370,395,410,422,423,424,425,426 427,428,431,433
432			Emissionsleistung	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,29,50,71,92,113,138,164,190,246,268 293,295,313,329,351,369,409,422,423,424,425 426,427,428,429,430,432,433
433			Wärmestrom	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,422 424,425,426,427,428,429,430,431
434			Treibstoffmasse	16,37,58,79,100,126,152,179,233,256,283 301,318,339,358,381,397,412,413,414,415,418 420
435			Betriebsdruck	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 14,412,413,414,415,416,420,422,423,424,425 426,427,428,429,430,431,432,433

A.3 Auswertung

Tabelle A.7: Auswertung der Einflüsse von Parametern auf Knoten

Parameter	T_G	K_G	Knoten je Tiefe											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Missionsdauer	4	7024	144	3234	3082	564								
Orbitperiode	4	7024	158	4088	2742	36								
große Halbachse	4	7269	243	6087	903	36								
Exzentrizität	4	7273	249	6088	900	36								
Bahnneigung	6	7251	227	4877	1479	194	246	228						
Rektaszension	6	7238	214	4858	1482	210	246	228						
Argument des Perigäum	6	7244	220	4787	1423	304	282	228						
mittlere Anomalie	4	7024	246	5826	916	36								
exzentrische Anomalie	4	7024	228	5385	1375	36								
Winkel Geschwindigkeit	5	7026	2	259	5831	898	36							
Solar Konstante	6	7024	193	4388	1597	279	282	285						
wahre Anomalie	4	7272	248	6087	901	36								
Positionsvektor	7	7024	3	55	887	3357	1717	480	525					
Bahnstörung	5	7024	54	1393	4134	915	528							
Masse	6	7024	23	384	1832	3783	474	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	328	314	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	24	395	2011	3592	474	528						
Form	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Tiefe	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Laenge	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1912	3518	804	528						
Volumen	6	7024	23	393	2014	3592	474	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7042	10	52	474	650	1757	3121	450	528				
Spannung max	9	7042	8	48	455	286	403	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	9	7050	8	56	455	286	403	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	969	4115	914	317	528					
Absorbtionsleistung	7	7024	26	683	4041	1184	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4057	1163	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4415	1100	277	317	528					
Pointing Genauigkeit	5	7029	5	169	4093	2726	36							
Datenrate	10	7024	16	325	367	55	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	9	7024	18	389	342	38	389	1743	3127	450	528			
Masse	6	7024	23	384	1832	3783	474	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	328	314	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	24	395	2011	3592	474	528						
Form	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Tiefe	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Laenge	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1912	3518	804	528						
Volumen	6	7024	23	393	2014	3592	474	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7042	10	52	474	650	1757	3121	450	528				
Spannung max	9	7042	8	48	455	286	403	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	9	7050	8	56	455	286	403	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	969	4115	914	317	528					
Absorbtionsleistung	7	7024	26	683	4041	1184	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4057	1163	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4415	1100	277	317	528					
Pointing Genauigkeit	5	7029	5	169	4093	2726	36							
Datenrate	10	7024	16	325	367	55	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	9	7024	18	389	342	38	389	1743	3127	450	528			
Masse	6	7024	23	384	1832	3783	474	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	328	314	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	24	395	2011	3592	474	528						
Form	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Tiefe	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Laenge	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1912	3518	804	528						
Volumen	6	7024	23	393	2014	3592	474	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7042	10	52	474	650	1757	3121	450	528				
Spannung max	9	7042	8	48	455	286	403	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	9	7050	8	56	455	286	403	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	969	4115	914	317	528					
Absorbtionsleistung	7	7024	26	683	4041	1184	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4057	1163	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4415	1100	277	317	528					
Pointing Genauigkeit	5	7029	5	169	4093	2726	36							
Datenrate	10	7024	16	325	367	55	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												

continued on next page

Parameter	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Betriebsdauerverhältniss	9	7024	18	389	342	38	389	1743	3127	450	528			
Masse	6	7024	23	384	1832	3783	474	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	328	314	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	24	395	2011	3592	474	528						
Form	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Tiefe	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Laenge	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1912	3518	804	528						
Volumen	6	7024	23	393	2014	3592	474	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7042	10	52	474	650	1757	3121	450	528				
Spannung max	9	7042	8	48	455	286	403	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	9	7050	8	56	455	286	403	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	969	4115	914	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	26	683	4041	1184	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4057	1163	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4415	1100	277	317	528					
Pointing Genauigkeit	5	7029	5	169	4093	2726	36							
Datenrate	10	7024	16	325	367	55	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	9	7024	18	389	342	38	389	1743	3127	450	528			
Masse	6	7024	23	384	1832	3783	474	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	328	314	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	24	395	2011	3592	474	528						
Form	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Tiefe	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Laenge	6	7024	24	418	1988	3592	474	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1912	3518	804	528						
Volumen	6	7024	23	393	2014	3592	474	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7042	10	52	474	650	1757	3121	450	528				
Spannung max	9	7042	8	48	455	286	403	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	9	7050	8	56	455	286	403	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	969	4115	914	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	26	683	4041	1184	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4057	1163	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4415	1100	277	317	528					
Pointing Genauigkeit	5	7029	5	169	4093	2726	36							
Datenrate	10	7024	16	325	367	55	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	9	7024	18	389	342	38	389	1743	3127	450	528			
Verfügbarkeit	7	7025	1	24	445	2362	3191	474	528					
Datenmenge	10	7024	15	273	354	85	60	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Datenrate	10	7024	2	18	281	346	104	425	1743	3127	450	528		
Masse	6	7024	24	401	2264	3321	486	528						
Housekeeping Data	10	7044	20	328	328	71	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	21	372	2469	3148	486	528						
Form	6	7024	22	413	2427	3148	486	528						
Tiefe	6	7024	22	413	2427	3148	486	528						
Laenge	6	7024	22	413	2427	3148	486	528						
Volumen	6	7024	21	387	2454	3148	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7092	24	349	386	455	1779	3121	450	528				
Spannung max	9	7092	22	345	367	91	425	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	7	7024	1	18	340	1655	3567	915	528					
Stromfluss Max	9	7092	22	345	367	91	425	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	10	181	1255	3911	822	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	27	692	4050	1165	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	28	696	4066	1144	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	27	369	4399	1107	277	317	528					
Befehlssatz	9	7024	33	516	196	42	389	1743	3127	450	528			
Taktrate	10	7024	18	286	352	71	60	389	1743	3127	450	528		
Instruction per Cycle	10	7042	18	301	355	71	60	389	1743	3127	450	528		
Adressbus	10	7041	17	298	358	71	60	389	1743	3127	450	528		
Busbreite	10	7024	18	301	355	71	60	389	1743	3127	450	528		
Datenmenge	10	7024	26	443	187	71	60	389	1743	3127	450	528		
Datenrate	10	7024	17	236	403	71	60	389	1743	3127	450	528		
Programmausführzeit	10	7024	31	491	200	41	24	389	1743	3127	450	528		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	10	7024	23	386	313	41	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Masse	6	7024	35	678	2141	3156	486	528						
Housekeeping Data	10	7045	21	355	301	71	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	32	677	2306	2995	486	528						
Form	6	7024	33	741	2241	2995	486	528						
Tiefe	6	7024	33	741	2241	2995	486	528						
Laenge	6	7024	33	741	2241	2995	486	528						
Volumen	6	7024	33	741	2241	2995	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7092	24	349	386	455	1779	3121	450	528				
Spannung max	9	7092	22	345	367	91	425	1743	3121	450	528			
Strahlenbelastung max	7	7024	1	18	340	1655	3567	915	528					
Stromfluss Max	9	7092	22	345	367	91	425	1743	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	22	515	1299	3598	781	281	528					

continued on next page

Parameter	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Absorptionsleistung	7	7024	35	960	4020	985	215	281	528					
Emissionsleistung	7	7024	36	964	4036	964	215	281	528					
Wärmestrom	7	7024	39	691	4267	971	247	281	528					
Befehlssatz	9	7024	33	516	196	42	389	1743	3127	450	528			
Taktrate	10	7024	18	286	352	71	60	389	1743	3127	450	528		
Instruction per Cycle	10	7042	18	301	355	71	60	389	1743	3127	450	528		
Adressbus	10	7040	16	280	376	71	60	389	1743	3127	450	528		
Busbreite	10	7024	18	301	355	71	42	389	1743	3127	450	528		
Datenmenge	10	7024	27	469	160	71	60	389	1743	3127	450	528		
Datenrate	10	7024	24	396	236	71	60	389	1743	3127	450	528		
Programmausführzeit	10	7024	31	491	200	41	24	389	1743	3127	450	528		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	10	7024	23	386	313	41	24	389	1743	3127	450	528		
Schnittstelle	0	0												
Schreibzyklen	10	7024	18	301	337	71	60	389	1743	3127	450	528		
Masse	6	7024	40	790	2173	3007	486	528						
Housekeeping Data	10	7041	17	307	335	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	49	1010	2091	2860	486	528						
Form	6	7024	50	1044	2056	2860	486	528						
Tiefe	6	7024	39	924	2187	2860	486	528						
Laenge	6	7024	50	1044	2056	2860	486	528						
Querschnittsfläche Max	7	7055	31	557	1632	3265	761	281	528					
Volumen	6	7024	35	827	2288	2860	486	528						
Spannung max	9	7054	15	166	536	108	425	1722	3104	450	528			
Stromfluss Max	9	7054	15	166	536	108	425	1722	3104	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	36	777	1199	3426	777	281	528					
Absorptionsleistung	7	7024	41	1043	3881	969	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	41	1026	3898	969	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	53	939	4024	952	247	281	528					
Bandbreite	11	7046	22	412	296	75	41	24	389	1722	3087	450	528	
Abdeckung	0	0												
Kontaktzeit	11	7024	13	282	338	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
Datenrate	11	7024	21	388	238	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
Datenmenge	11	7024	25	450	172	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
Frequenz	11	7093	28	490	285	80	41	24	389	1722	3083	445	506	
Antennengewinn	11	7024	21	365	301	75	41	24	389	1722	3108	450	528	
Keulenbreite	12	7024	4	48	277	322	75	41	24	389	1743	3123	450	528
Entfernung zur Bodenstation	7	7024	24	419	955	1875	2816	450	485					
Energie pro Bit	11	7024	14	274	359	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
EIRP	12	7024	7	103	429	115	75	41	24	389	1743	3120	450	528
C	11	7024	14	277	356	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
Rauschen	11	7024	21	379	280	75	41	24	389	1743	3094	450	528	
Eb/No	11	7024	13	267	367	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
C/No	11	7024	13	267	367	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
Elevation	11	7024	19	356	291	75	41	24	389	1743	3127	450	509	
Wirkungsgrad	11	7042	18	317	370	75	41	24	389	1722	3108	450	528	
Leistungsanspruch max je Mod	8	7043	19	183	496	491	1779	3102	445	528				
Leistungsverluste	11	7039	15	218	403	102	71	60	389	1743	3087	445	506	
Querschnittsfläche Max	11	7047	23	393	301	75	41	24	389	1743	3094	445	519	
Bandbreite	11	7043	19	351	335	75	41	24	389	1743	3115	445	506	
Abdeckung	0	0												
Kontaktzeit	11	7024	12	262	359	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
Datenrate	11	7024	18	342	287	75	41	24	389	1743	3127	450	528	
Datenmenge	11	7024	21	406	206	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
Frequenz	11	7091	26	456	343	82	41	24	389	1722	3066	445	497	
Antennengewinn	11	7024	21	363	301	75	41	24	389	1743	3094	445	528	
Keulenbreite	11	7024	9	199	434	89	41	24	389	1743	3127	450	519	
Entfernung zur Antenne	11	7024	13	246	439	75	41	24	389	1743	3115	450	489	
Energie pro Bit	11	7024	11	222	400	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
EIRP	12	7024	5	57	262	326	89	41	24	389	1743	3115	445	528
C	11	7024	12	233	400	89	41	24	389	1743	3115	450	528	
Rauschen	11	7024	22	374	290	75	41	24	389	1743	3115	445	506	
Eb/No	11	7024	11	222	400	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
C/No	11	7024	11	222	400	89	41	24	389	1743	3127	450	528	
Elevation	11	7024	17	320	327	75	41	24	389	1743	3127	450	511	
Masse	6	7024	23	388	1863	3832	390	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	25	434	2511	3136	390	528						
Form	6	7024	25	457	2488	3136	390	528						
Tiefe	6	7024	25	457	2488	3136	390	528						
Laenge	6	7024	25	457	2488	3136	390	528						
projizierte Fläche	6	7024	36	831	3717	1522	390	528						
Volumen	6	7024	24	422	2001	3659	390	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7062	9	37	134	987	1821	3101	445	528				
Spannung max	9	7062	10	51	252	507	425	1743	3101	445	528			
Strahlenbelastung max	3	4	1	1	2									
Stromfluss Max	9	7072	10	60	253	507	425	1743	3101	445	528			
Temperatur mittel	7	7024	11	184	1015	4369	600	317	528					
Absorptionsleistung	6	7024	29	717	4362	1005	347	564						
Emissionsleistung	6	7024	30	721	4378	984	347	564						
Wärmestrom	7	7024	28	371	4451	1084	245	317	528					
Kurzschlußstrom	3	3	1	1	1									
Lastwiderstand	0	0												

continued on next page

Parameter	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Füllfaktor	3	3	1	1	1									
Wirkungsgrad	3	4	1	1	2									
Schnittstelle	0	0												
Einfallswinkel	6	7024	30	617	3533	1836	480	528						
Masse	6	7024	24	394	1849	3743	486	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	25	408	2006	3571	486	528						
Form	6	7024	25	433	1981	3571	486	528						
Tiefe	6	7024	25	433	1981	3571	486	528						
Laenge	6	7024	25	433	1981	3571	486	528						
Volumen	6	7024	25	433	1981	3571	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	9	7048	8	37	96	465	586	1757	3121	450	528			
Spannung max	8	7048	8	41	115	831	1940	3135	450	528				
Strahlenbelastung max	0	0												
Stromfluss Max	8	7048	8	41	115	831	1940	3135	450	528				
Temperatur mittel	7	7024	15	215	1027	4144	814	281	528					
Absorptionsleistung	7	7024	32	726	4056	1186	215	281	528					
Emissionsleistung	7	7024	33	730	4072	1165	215	281	528					
Wärmestrom	7	7024	32	398	4436	1102	247	281	528					
Kapazität	9	7024	3	13	95	465	586	1757	3127	450	528			
Kalenderlebensdauer	8	7251	1	9	328	5213	1068	158	246	228				
Zykluslebensdauer	8	7024	9	102	465	586	1757	3127	450	528				
DOD	9	7024	3	13	95	465	586	1757	3127	450	528			
Energiedichte	7	7024	5	40	479	2184	3338	450	528					
Schnittstelle	0	0												
Entladespannung	9	7024	4	16	95	465	586	1757	3123	450	528			
Masse	6	7024	23	391	1869	3774	439	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	25	478	2448	3142	403	528						
Form	6	7024	26	502	2423	3142	403	528						
Tiefe	6	7024	26	502	2423	3142	403	528						
Laenge	6	7024	26	502	2423	3142	403	528						
Oberfläche max	6	7024	32	840	2956	2256	412	528						
Volumen	6	7024	25	488	2438	3142	403	528						
Temperatur mittel	7	7024	9	181	1004	4252	733	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	370	4441	1065	277	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	27	733	4025	1149	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	696	4083	1128	245	317	528					
Reflexionsleistung	7	7024	41	1139	3610	1144	245	317	528					
projizierte Fläche	6	7024	15	366	2330	3198	587	528						
thermische Kontaktleitfähigkeit	8	7025	1	27	719	4095	1093	245	317	528				
thermischer Widerstand	7	7040	16	277	3324	2178	400	317	528					
Schnittstelle	0	0												
Masse	6	7024	23	376	1829	3793	475	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	21	373	2025	3602	475	528						
Form	6	7024	22	394	2003	3602	475	528						
Tiefe	6	7024	22	394	2003	3602	475	528						
Laenge	6	7024	22	394	2003	3602	475	528						
Oberfläche max	6	7024	11	223	1929	3528	805	528						
Volumen	6	7024	22	394	2003	3602	475	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7047	9	40	115	830	1940	3135	450	528				
Spannung max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Stromfluss Max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	162	953	4140	915	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	26	673	4035	1200	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	677	4051	1179	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	351	4409	1116	277	317	528					
Schnittstelle	0	0												
Masse	6	7024	23	396	1825	3766	486	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	26	397	1994	3593	486	528						
Form	6	7024	27	423	1967	3593	486	528						
Tiefe	6	7024	27	423	1967	3593	486	528						
Laenge	6	7024	27	423	1967	3593	486	528						
Volumen	6	7024	27	423	1967	3593	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7052	14	56	120	825	1924	3135	450	528				
Spannung max	9	7052	7	41	112	471	581	1741	3121	450	528			
Stromfluss Max	9	7052	7	41	112	471	581	1741	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	10	189	957	4080	943	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	27	700	3996	1211	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	28	704	4012	1190	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	27	377	4387	1111	277	317	528					
Gravitationsmoment	6	7024	8	98	1823	4081	486	528						
Drehmoment	3	21	4	12	5									
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	6	7024	7	93	1828	4082	486	528						
Drehrate	3	21	5	11	5									
Nullpunktdrift	0	0												
Schnittstelle	0	0												
Masse	6	7024	23	375	1833	3794	471	528						
Housekeeping Data	7	7041	17	315	746	2074	2926	435	528					
Breite	6	7024	20	355	2123	3527	471	528						

continued on next page

Parameter	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Form	6	7024	22	397	2079	3527	471	528						
Tiefe	6	7024	22	397	2079	3527	471	528						
Laenge	6	7024	22	397	2079	3527	471	528						
Oberfläche max	6	7024	15	308	2027	3368	778	528						
Volumen	6	7024	22	397	2079	3527	471	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7047	9	40	115	830	1940	3135	450	528				
Spannung max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Stromfluss Max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	161	957	4164	888	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	26	672	4040	1196	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	676	4056	1175	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	350	4414	1112	277	317	528					
Wellenlänge	0	0												
Temperaturstabilität	7	7042	18	262	3330	2036	551	317	528					
Schnittstelle	0	0												
Masse	6	7024	28	420	1858	3704	486	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	28	457	1985	3540	486	528						
Form	6	7024	24	474	1972	3540	486	528						
Tiefe	6	7024	29	485	1956	3540	486	528						
Laenge	6	7024	29	485	1956	3540	486	528						
Volumen	6	7024	29	485	1956	3540	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7055	15	63	115	825	1924	3135	450	528				
Spannung max	9	7055	8	48	112	466	581	1741	3121	450	528			
Stromfluss Max	9	7055	8	48	112	466	581	1741	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	10	221	1006	4021	921	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	28	740	3977	1189	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	29	744	3993	1168	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	383	4404	1089	277	317	528					
Gravitationsmoment	6	7024	8	98	1823	4081	486	528						
Drehmoment	6	7024	1	5	159	3234	3061	564						
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	6	7024	8	98	1823	4081	486	528						
Drehimpuls	6	7024	1	5	159	3234	3061	564						
Winkelgeschwindigkeiten	3	21	5	11	5									
Drallkapazität	2	21	5	16										
SIMK	0	0												
Massenschwerpunkt	0	0												
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Masse	6	7024	18	271	1761	3960	486	528						
Breite	6	7024	16	216	1881	3909	474	528						
Form	6	7024	16	216	1881	3909	474	528						
Tiefe	6	7024	16	216	1881	3909	474	528						
Laenge	6	7024	16	216	1881	3909	474	528						
Oberfläche max	6	7024	17	307	2273	3425	474	528						
Volumen	6	7024	16	216	1881	3909	474	528						
Lasten max dynamisch	0	0												
Temperatur mittel	7	7024	9	107	766	4328	969	317	528					
Wärmestrom	7	7024	27	322	4441	1144	245	317	528					
Thermische Ausdehnung	0	0												
Schnittstelle	0	0												
Margin of Safety	0	0												
Absorptionsleistung	6	7024	5	71	1445	4435	504	564						
Emissionsleistung	6	7024	27	667	4410	1009	347	564						
Masse	6	7024	24	400	1661	3925	486	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	23	396	1857	3734	486	528						
Form	6	7024	24	419	1833	3734	486	528						
Tiefe	6	7024	24	419	1833	3734	486	528						
Laenge	6	7024	24	419	1833	3734	486	528						
Oberfläche max	6	7024	12	250	1913	3482	839	528						
Volumen	6	7024	24	419	1833	3734	486	528						
Leistungsanspruch max je Mod	8	7047	9	40	115	830	1940	3135	450	528				
Spannung max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Stromfluss Max	9	7047	7	36	96	466	586	1757	3121	450	528			
Temperatur mittel	7	7024	9	172	970	4079	949	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	26	683	4042	1183	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	27	687	4058	1162	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	26	361	4416	1099	277	317	528					
Triebwerksschub	5	7024	15	395	3933	2117	564							
spezifischer Impuls	5	7024	25	660	3755	2020	564							
Geschwindigkeitsbedarf	5	7024	23	660	3757	2020	564							
Massenfluß	5	7024	32	802	3533	2093	564							
Treibstoffmasse	6	7024	17	250	1305	4372	516	564						
Schnittstelle	0	0												
Startmasse	6	7024	28	553	1115	4248	516	564						
Masse	6	7024	24	421	2229	3336	486	528						
Housekeeping Data	10	7037	13	229	413	85	60	389	1743	3127	450	528		
Breite	6	7024	23	453	2183	3351	486	528						
Dichte	6	7024	51	951	4592	585	317	528						
Form	6	7024	24	476	2159	3351	486	528						
Tiefe	6	7024	24	476	2159	3351	486	528						
Laenge	6	7024	24	476	2159	3351	486	528						

continued on next page

Parameter	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Oberfläche max	6	7024	15	343	2226	3426	486	528						
Volumen	6	7024	24	476	2159	3351	486	528						
Temperatur mittel	7	7024	11	237	1361	4002	568	317	528					
Absorptionsleistung	7	7024	28	748	4368	790	245	317	528					
Emissionsleistung	7	7024	29	752	4384	769	245	317	528					
Wärmestrom	7	7024	28	424	4744	706	277	317	528					
Treibstoffmasse	6	7024	25	449	2106	3364	516	564						
Betriebsdruck	7	7024	10	209	1003	4421	536	317	528					

Tabelle A.8: Auswertung der Abhängigkeiten von Parametern von Knoten

P	T_G	K_G	Knoten je Tiefe											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Missionsdauer	9	8569	11	231	3287	2322	103	518	1089	959	49			
Orbitperiode	10	8569	11	21	211	3286	2322	103	518	1089	959	49		
große Halbachse	0	0												
Exzentrizität	0	0												
Bahnneigung	0	0												
Rektaszension	0	0												
Argument des Perigäum	0	0												
mittlere Anomalie	11	8569	6	16	11	210	3286	2322	103	518	1089	959	49	
exzentrische Anomalie	12	8569	4	6	12	11	210	3286	2322	103	518	1089	959	49
Winkel Geschwindigkeit	1	1	1											
Solar Konstante	12	8569	8	10	12	11	210	3278	2322	103	518	1089	959	49
wahre Anomalie	0	0												
Positionsvektor	12	8569	8	10	12	11	210	3286	2314	103	518	1089	959	49
Bahnstörung	8	8569	137	2988	2726	103	518	1089	959	49				
Masse	10	8569	9	142	878	4197	625	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	299	2477	3007	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	236	1786	3764	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	294	2483	3007	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	20	294	2483	3007	47	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	103	315	2540	2840	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	19	274	2504	3007	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	46	493	4624	692	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	594	4018	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	960	4550	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	961	3940	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	260	1851	3672	47	103	518	1089	959	49		
Pointing Genauigkeit	0	0												
Datenrate	5	8569	17	547	2537	4911	557							
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	4	8569	21	700	5440	2408								
Masse	10	8569	9	138	839	4204	661	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	20	257	1832	3695	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	232	1786	3768	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	99	276	1895	3528	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	18	233	1858	3695	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	45	451	4631	728	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	590	4022	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	957	4553	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	957	3944	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	256	1851	3676	47	103	518	1089	959	49		
Pointing Genauigkeit	0	0												
Datenrate	5	8569	17	547	2537	4911	557							
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	4	8569	21	700	5440	2408								
Masse	10	8569	9	138	839	4204	661	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	20	257	1832	3695	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	232	1786	3768	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	99	276	1895	3528	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	18	233	1858	3695	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	45	451	4631	728	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	590	4022	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	957	4553	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	957	3944	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	256	1851	3676	47	103	518	1089	959	49		
Pointing Genauigkeit	0	0												
Datenrate	5	8569	17	547	2537	4911	557							
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	4	8569	21	700	5440	2408								
Masse	10	8569	9	138	839	4204	661	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	20	257	1832	3695	47	103	518	1089	959	49		

continued on next page

P	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Form	10	8569	18	232	1786	3768	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	99	276	1895	3528	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	18	233	1858	3695	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	45	451	4631	728	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	590	4022	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	957	4553	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	957	3944	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	256	1851	3676	47	103	518	1089	959	49		
Pointing Genauigkeit	0	0												
Datenrate	5	8569	17	547	2537	4911	557							
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	4	8569	21	700	5440	2408								
Masse	10	8569	9	138	839	4204	661	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	20	257	1832	3695	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	232	1786	3768	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	252	1838	3695	47	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	99	276	1895	3528	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	18	233	1858	3695	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	45	451	4631	728	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	590	4022	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	957	4553	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	957	3944	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	256	1851	3676	47	103	518	1089	959	49		
Pointing Genauigkeit	0	0												
Datenrate	5	8569	17	547	2537	4911	557							
Schnittstelle	0	0												
Betriebsdauerverhältniss	4	8569	21	700	5440	2408								
Verfügbarkeit	0	0												
Datenmenge	5	8569	65	1204	2126	4702	472							
Schnittstelle	0	0												
Datenrate	5	8569	69	1425	1901	4702	472							
Masse	10	8569	9	140	952	4125	625	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	260	1945	3578	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	17	227	1794	3766	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	255	1836	3693	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	235	1857	3693	47	103	518	1089	959	49		
Volumen	10	8569	19	235	1857	3693	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Strahlenbelastung max	10	8569	8	42	450	4631	728	103	518	1089	951	49		
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	39	590	4022	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	33	952	4559	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	37	953	3949	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	256	1968	3559	47	103	518	1089	959	49		
Befehlssatz	5	8569	5	105	779	5272	2408							
Taktrate	4	8569	31	1192	3344	4002								
Instruction per Cycle	0	0												
Adressbus	0	0												
Busbreite	6	8569	1	5	105	779	5271	2408						
Datenmenge	5	8569	64	1281	2181	5007	36							
Datenrate	4	8569	108	2425	2203	3833								
Programmausführzeit	4	8569	108	2425	2203	3833								
Millionen Instruktionen pro Sekunde	4	8569	107	2318	2311	3833								
Schnittstelle	0	0												
Masse	10	8569	9	140	953	4124	625	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	261	1944	3578	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	17	228	1793	3766	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	256	1835	3693	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	236	1856	3693	47	103	518	1089	959	49		
Volumen	10	8569	19	236	1856	3693	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Strahlenbelastung max	10	8569	8	42	451	4630	728	103	518	1089	951	49		
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	39	591	4021	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	971	4539	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	37	953	3949	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	257	1967	3559	47	103	518	1089	959	49		
Befehlssatz	5	8569	5	105	779	5272	2408							

continued on next page

P	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Taktrate	4	8569	24	790	3566	4189								
Instruction per Cycle	0	0												
Adressbus	0	0												
Busbreite	6	8569	1	5	105	779	5271	2408						
Datenmenge	5	8569	55	1013	2244	5221	36							
Datenrate	4	8569	107	2318	2311	3833								
Programmausführzeit	4	8569	107	2318	2311	3833								
Millionen Instruktionen pro Sekunde	4	8569	107	2318	2311	3833								
Schnittstelle	0	0												
Schreibzyklen	5	8569	50	1060	2088	4814	557							
Masse	10	8569	9	142	962	4121	617	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	264	1951	3576	39	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	238	1792	3764	39	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	259	1842	3691	39	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	20	259	1842	3691	39	103	518	1089	959	49		
Querschnittsfläche Max	0	0												
Volumen	10	8569	19	239	1863	3691	39	103	518	1089	959	49		
Spannung max	2	2	1	1										
Stromfluss Max	2	2	1	1										
Temperatur mittel	10	8569	39	594	4026	1153	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	954	4564	299	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	955	3954	904	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	260	1974	3557	39	103	518	1089	959	49		
Bandbreite	1	2	2											
Abdeckung	1	2	2											
Kontaktzeit	5	8569	51	977	3388	3717	436							
Datenrate	4	8569	106	2311	2319	3833								
Datenmenge	5	8569	54	1559	2910	3612	434							
Frequenz	0	0												
Antennengewinn	9	8569	27	371	4006	1478	103	516	1089	930	49			
Keulenbreite	10	8569	19	217	1831	3764	39	103	518	1089	959	30		
Entfernung zur Bodenstation	12	8569	8	10	12	11	210	3286	2314	103	518	1089	959	49
Energie pro Bit	5	8569	63	1470	2958	3644	434							
EIRP	10	8569	24	240	1843	3766	39	99	514	1089	930	25		
C	6	8569	33	437	3116	4383	205	395						
Rauschen	10	8569	20	211	1839	3764	39	103	518	1089	937	49		
Eb/No	5	8569	67	1678	2746	3644	434							
C/No	5	8569	66	1560	2871	3638	434							
Elevation	12	8569	10	26	12	11	210	3278	2314	103	518	1089	949	49
Wirkungsgrad	0	0												
Leistungsanspruch max je Mod	3	6	2	2	2									
Leitungsverluste	0	0												
Querschnittsfläche Max	0	0												
Bandbreite	1	2	2											
Abdeckung	1	2	2											
Kontaktzeit	5	8569	44	818	3554	3717	436							
Datenrate	4	8569	106	2311	2319	3833								
Datenmenge	5	8569	31	926	2010	4573	1029							
Frequenz	0	0												
Antennengewinn	10	8569	12	32	211	3286	2322	103	518	1089	947	49		
Keulenbreite	12	8569	12	26	12	11	210	3278	2322	103	518	1089	939	49
Entfernung zur Antenne	12	8569	8	10	12	11	210	3286	2322	103	518	1089	951	49
Energie pro Bit	5	8569	49	1437	3010	3639	434							
EIRP	11	8569	6	26	44	213	3278	2322	99	516	1089	933	43	
C	10	8569	20	286	1856	3767	39	99	514	1089	856	43		
Rauschen	12	8569	12	20	12	11	210	3278	2322	103	518	1089	945	49
Eb/No	5	8569	65	1685	2747	3638	434							
C/No	5	8569	74	1784	2645	3632	434							
Elevation	12	8569	9	18	12	11	210	3286	2322	103	518	1089	942	49
Masse	10	8569	9	149	871	4158	664	103	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	23	286	1934	3561	47	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	18	243	1786	3757	47	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	22	281	1825	3676	47	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	21	277	1830	3676	47	103	518	1089	959	49		
projizierte Fläche	11	8569	5	95	217	1926	3561	47	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	21	259	1848	3676	47	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	4	2	2										
Spannung max	2	4	2	2										
Strahlenbelastung max	10	8579	10	48	476	4611	720	101	516	1089	959	49		
Stromfluss Max	0	0												
Temperatur mittel	10	8569	39	602	4010	1161	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	35	985	4524	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	967	3934	912	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	21	268	1881	3634	47	103	518	1089	959	49		
Kurzschlußstrom	10	8640	27	332	1872	3718	47	71	476	1089	959	49		
Lastwiderstand	0	0												
Füllfaktor	10	8640	34	245	1985	3685	47	71	476	1089	959	49		
Wirkungsgrad	0	0												
Schnittstelle	0	0												
Einfallswinkel	11	8569	11	37	12	210	3267	2314	103	518	1089	959	49	

continued on next page

P	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Masse	7	8569	10	179	966	4691	1715	959	49					
Housekeeping Data	0	0												
Breite	8	8569	21	261	1968	3688	534	1089	959	49				
Form	9	8569	17	227	1783	3808	119	518	1089	959	49			
Tiefe	8	8569	20	256	1863	3799	534	1089	959	49				
Laenge	8	8569	20	256	1863	3799	534	1089	959	49				
Volumen	8	8569	19	236	1884	3799	534	1089	959	49				
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Strahlenbelastung max	9	8577	8	42	451	4668	793	518	1089	959	49			
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	9	8569	38	581	4025	1207	103	518	1089	959	49			
Absorptionsleistung	9	8569	34	972	4538	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	37	952	3949	913	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	9	8569	20	245	1873	3697	119	518	1089	959	49			
Kapazität	4	8569	105	1461	3695	3308								
Kalenderlebensdauer	4	8569	86	1486	3584	3413								
Zykluslebensdauer	5	8569	71	750	3047	4652	49							
DOD	4	8569	108	1491	3557	3413								
Energiedichte	6	8569	39	390	2350	4782	959	49						
Schnittstelle	0	0												
Entladespannung	10	8569	60	245	1921	3706	55	71	414	1089	959	49		
Masse	10	8569	9	154	781	4185	714	111	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	24	315	1774	3683	55	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	19	283	1738	3756	55	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	23	310	1780	3683	55	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	23	310	1780	3683	55	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	6	115	218	1774	3683	55	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	22	287	1804	3683	55	103	518	1089	959	49		
Temperatur mittel	10	8569	38	600	4005	1169	39	103	518	1089	959	49		
Wärmestrom	10	8569	20	264	1756	3756	55	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	35	992	4517	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	41	976	3921	913	103	518	1089	959	49			
Reflexionsleistung	9	8569	35	992	4517	307	103	518	1089	959	49			
projizierte Fläche	11	8569	4	89	246	1774	3683	55	103	518	1089	959	49	
thermische Kontaktleitfähigkeit	0	0												
thermischer Widerstand	0	0												
Schnittstelle	0	0												
Masse	10	8569	8	131	741	4243	720	111	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	20	247	1821	3708	55	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	17	223	1775	3781	55	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	19	243	1826	3708	55	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	19	243	1826	3708	55	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	5	93	177	1813	3708	55	103	518	1089	959	49	
Volumen	10	8569	18	224	1846	3708	55	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	37	578	4027	1170	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	35	973	4536	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	951	3948	914	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	19	237	1759	3781	55	103	518	1089	959	49		
Schnittstelle	0	0												
Masse	10	8569	8	135	843	4174	683	111	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	256	1919	3600	55	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	17	225	1777	3777	55	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	252	1820	3704	55	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	20	252	1820	3704	55	103	518	1089	959	49		
Volumen	10	8569	19	232	1841	3704	55	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	37	580	4025	1170	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	972	4538	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	37	950	3950	914	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	19	239	1865	3673	55	103	518	1089	959	49		
Gravitationsmoment	8	8569	25	302	2754	2865	526	1089	959	49				
Drehmoment	9	8932	35	845	4293	1053	99	510	1089	959	49			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	8	8569	94	2024	2419	1417	518	1089	959	49				
Drehrate	9	8932	31	849	4293	1053	99	510	1089	959	49			
Nullpunktdrift	10	8588	19	253	1839	3704	55	103	518	1089	959	49		
Schnittstelle	0	0												
Masse	10	8569	8	142	741	4232	720	111	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	23	263	1813	3697	55	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	16	212	1798	3770	55	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	22	259	1818	3697	55	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	22	259	1818	3697	55	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	11	8569	5	104	177	1813	3697	55	103	518	1089	959	49	

continued on next page

P	T_G	K_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumen	10	8569	21	237	1841	3697	55	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	37	589	4016	1170	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	35	984	4525	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	38	962	3937	914	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	19	248	1759	3770	55	103	518	1089	959	49		
Wellenlänge	0	0												
Temperaturstabilität	0	0												
Schnittstelle	0	0												
Masse	10	8569	8	145	792	4230	668	111	518	1089	959	49		
Housekeeping Data	0	0												
Breite	10	8569	21	265	1879	3631	55	103	518	1089	959	49		
Form	10	8569	17	224	1787	3768	55	103	518	1089	959	49		
Tiefe	10	8569	20	251	1830	3695	55	103	518	1089	959	49		
Laenge	10	8569	20	251	1830	3695	55	103	518	1089	959	49		
Volumen	10	8569	19	231	1851	3695	55	103	518	1089	959	49		
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Stromfluss Max	2	6	2	4										
Temperatur mittel	10	8569	36	590	4016	1170	39	103	518	1089	959	49		
Absorptionsleistung	9	8569	34	972	4538	307	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	37	949	3950	915	103	518	1089	959	49			
Wärmestrom	10	8569	19	248	1825	3704	55	103	518	1089	959	49		
Gravitationsmoment	8	8569	25	302	2754	2865	526	1089	959	49				
Drehmoment	9	8932	40	949	4184	1053	99	510	1089	959	49			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	8	8569	94	2024	2419	1417	518	1089	959	49				
Drehimpuls	9	8932	40	949	4184	1053	99	510	1089	959	49			
Winkelgeschwindigkeiten	9	8932	31	849	4293	1053	99	510	1089	959	49			
Drallkapazität	8	8932	186	4594	1442	103	510	1089	959	49				
SIMK	8	8682	113	2800	2804	350	518	1089	959	49				
Massenschwerpunkt	0	0												
Housekeeping Data	8	8569	112	2588	2904	350	518	1089	959	49				
Masse	8	8569	124	2753	2728	349	518	1089	959	49				
Breite	9	8569	107	2546	2913	285	103	518	1089	959	49			
Form	8	8569	123	2739	2743	349	518	1089	959	49				
Tiefe	8	8569	123	2739	2743	349	518	1089	959	49				
Laenge	10	8569	15	161	1427	3926	322	103	518	1089	959	49		
Oberfläche max	8	8569	121	2596	2888	349	518	1089	959	49				
Volumen	8	8717	148	3753	1851	350	518	1089	959	49				
Lasten max dynamisch	10	8569	36	590	4052	1134	39	103	518	1089	959	49		
Temperatur mittel	10	8569	19	248	1825	3704	55	103	518	1089	959	49		
Wärmestrom	9	8589	20	771	4054	1018	111	518	1089	959	49			
Thermische Ausdehnung	0	0												
Schnittstelle	8	8717	148	3753	1851	350	518	1089	959	49				
Margin of Safety	9	8569	35	1488	4170	158	103	518	1089	959	49			
Absorptionsleistung	9	8569	39	1500	3617	695	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	9	8569	11	321	3425	2086	111	518	1089	959	49			
Masse	0	0												
Housekeeping Data	9	8569	24	443	4582	794	111	518	1089	959	49			
Breite	9	8569	21	413	4615	794	111	518	1089	959	49			
Form	9	8569	23	436	4590	794	111	518	1089	959	49			
Tiefe	9	8569	23	436	4590	794	111	518	1089	959	49			
Laenge	9	8569	8	280	3297	2258	111	518	1089	959	49			
Oberfläche max	9	8569	22	413	4614	794	111	518	1089	959	49			
Volumen	2	6	2	4										
Leistungsanspruch max je Mod	2	6	2	4										
Spannung max	2	6	2	4										
Stromfluss Max	10	8569	36	601	4008	1167	39	103	518	1089	959	49		
Temperatur mittel	9	8569	35	996	4680	140	103	518	1089	959	49			
Absorptionsleistung	9	8569	38	973	4040	800	103	518	1089	959	49			
Emissionsleistung	10	8569	19	259	1929	3589	55	103	518	1089	959	49		
Wärmestrom	9	8569	15	342	3172	2322	103	518	1089	959	49			
Triebwerksschub	9	8569	6	239	3204	2394	111	518	1089	959	49			
spezifischer Impuls	8	8569	46	1068	3792	1048	518	1089	959	49				
Geschwindigkeitsbedarf	9	8569	6	112	996	3792	1048	518	1089	959	49			
Massenfluß	8	8569	34	644	2920	2356	518	1089	959	49				
Treibstoffmasse	0	0												
Schnittstelle	8	8569	115	2752	2975	112	518	1089	959	49				
Startmasse	8	8569	32	673	3013	2228	526	1089	959	49				
Masse	0	0												
Housekeeping Data	9	8569	27	563	4491	762	111	518	1089	959	49			
Breite	9	8569	27	618	4436	762	111	518	1089	959	49			
Dichte	9	8569	24	512	4545	762	111	518	1089	959	49			
Form	9	8569	26	554	4501	762	111	518	1089	959	49			
Tiefe	9	8569	27	563	4491	762	111	518	1089	959	49			
Laenge	9	8569	10	349	3262	2222	111	518	1089	959	49			
Oberfläche max	9	8569	25	528	4528	762	111	518	1089	959	49			
Volumen	10	8569	36	623	3975	1178	39	103	518	1089	959	49		
Temperatur mittel	9	8569	37	1064	4695	55	103	518	1089	959	49			
Absorptionsleistung	9	8569	40	1041	4034	736	103	518	1089	959	49			

continued on next page

[illegible]

Tabelle A.9: Auswertung der Einflüsse von Parametern auf Parameter

P	Parameter je Tiefe												
	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Missionsdauer	3	296	144	141	11								
Orbitperiode	3	296	158	136	2								
große Halbachse	3	299	243	54	2								
Exzentrizität	3	296	249	45	2								
Bahnneigung	5	298	227	66	3	1	1						
Rektaszension	5	296	214	75	5	1	1						
Argument des Perigäum	5	296	220	64	8	3	1						
mittlere Anomalie	3	296	246	48	2								
exzentrische Anomalie	3	296	228	66	2								
Winkel Geschwindigkeit	4	296	2	246	46	2							
Solar Konstante	5	296	193	87	7	3	6						
wahre Anomalie	3	296	248	46	2								
Positionsvektor	6	296	3	42	154	75	13	9					
Bahnstörung	4	296	54	197	36	9							
Masse	5	296	23	75	175	14	9						
Housekeeping Data	9	296	17	22	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	24	91	158	14	9						
Form	5	296	24	91	158	14	9						
Tiefe	5	296	24	91	158	14	9						
Laenge	5	296	24	91	158	14	9						
Oberfläche max	5	296	12	92	156	27	9						
Volumen	5	296	23	92	158	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	298	10	23	41	69	133	13	9				
Spannung max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Strahlenbelastung max	0	0											
Stromfluss Max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	52	178	43	5	9					
Absorptionsleistung	6	296	26	191	61	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	191	60	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	190	61	5	5	9					
Pointing Genauigkeit	4	296	5	159	130	2							
Datenrate	9	296	16	25	4	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	8	296	18	26	2	23	68	137	13	9			
Masse	5	296	23	75	175	14	9						
Housekeeping Data	9	296	17	22	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	24	91	158	14	9						
Form	5	296	24	91	158	14	9						
Tiefe	5	296	24	91	158	14	9						
Laenge	5	296	24	91	158	14	9						
Oberfläche max	5	296	12	92	156	27	9						
Volumen	5	296	23	92	158	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	298	10	23	41	69	133	13	9				
Spannung max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Strahlenbelastung max	0	0											
Stromfluss Max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	52	178	43	5	9					
Absorptionsleistung	6	296	26	191	61	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	191	60	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	190	61	5	5	9					
Pointing Genauigkeit	4	296	5	159	130	2							
Datenrate	9	296	16	25	4	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	8	296	18	26	2	23	68	137	13	9			
Masse	5	296	23	75	175	14	9						
Housekeeping Data	9	296	17	22	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	24	91	158	14	9						

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Form	5	296	24	91	158	14	9						
Tiefe	5	296	24	91	158	14	9						
Laenge	5	296	24	91	158	14	9						
Oberfläche max	5	296	12	92	156	27	9						
Volumen	5	296	23	92	158	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	298	10	23	41	69	133	13	9				
Spannung max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Strahlenbelastung max	0	0											
Stromfluss Max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	52	178	43	5	9					
Absorptionsleistung	6	296	26	191	61	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	191	60	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	190	61	5	5	9					
Pointing Genauigkeit	4	296	5	159	130	2							
Datenrate	9	296	16	25	4	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	8	296	18	26	2	23	68	137	13	9			
Masse	5	296	23	75	175	14	9						
Housekeeping Data	9	296	17	22	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	24	91	158	14	9						
Form	5	296	24	91	158	14	9						
Tiefe	5	296	24	91	158	14	9						
Laenge	5	296	24	91	158	14	9						
Oberfläche max	5	296	12	92	156	27	9						
Volumen	5	296	23	92	158	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	298	10	23	41	69	133	13	9				
Spannung max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Strahlenbelastung max	0	0											
Stromfluss Max	8	298	8	23	20	24	68	133	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	52	178	43	5	9					
Absorptionsleistung	6	296	26	191	61	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	191	60	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	190	61	5	5	9					
Pointing Genauigkeit	4	296	5	159	130	2							
Datenrate	9	296	16	25	4	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	8	296	18	26	2	23	68	137	13	9			
Verfügbarkeit	6	296	1	24	103	145	14	9					
Datenmenge	9	296	15	24	4	3	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Datenrate	9	296	2	17	21	4	25	68	137	13	9		
Masse	5	296	24	100	148	15	9						
Housekeeping Data	9	296	20	20	3	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	21	119	132	15	9						
Form	5	296	22	118	132	15	9						
Tiefe	5	296	22	118	132	15	9						
Laenge	5	296	22	118	132	15	9						
Volumen	5	296	21	119	132	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	24	24	25	70	134	13	9				
Spannung max	8	299	22	24	4	25	68	134	13	9			
Strahlenbelastung max	6	296	1	18	70	162	36	9					
Stromfluss Max	8	299	22	24	4	25	68	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	10	68	166	38	5	9					
Absorptionsleistung	6	296	27	189	62	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	28	189	61	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	27	187	63	5	5	9					
Befehlssatz	8	296	33	11	2	23	68	137	13	9			
Taktrate	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Instruction per Cycle	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Adressbus	9	296	17	23	3	3	23	68	137	13	9		
Busbreite	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Datenmenge	9	296	26	14	3	3	23	68	137	13	9		
Datenrate	9	296	17	23	3	3	23	68	137	13	9		
Programmausführzeit	9	296	31	11	3	1	23	68	137	13	9		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	9	296	23	19	3	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Masse	5	296	35	95	142	15	9						
Housekeeping Data	9	296	21	19	3	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	32	114	126	15	9						
Form	5	296	33	113	126	15	9						
Tiefe	5	296	33	113	126	15	9						
Laenge	5	296	33	113	126	15	9						
Volumen	5	296	33	113	126	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	24	24	25	70	134	13	9				
Spannung max	8	299	22	24	4	25	68	134	13	9			
Strahlenbelastung max	6	296	1	18	70	162	36	9					
Stromfluss Max	8	299	22	24	4	25	68	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	22	74	150	38	3	9					
Absorptionsleistung	6	296	35	195	50	4	3	9					
Emissionsleistung	6	296	36	195	49	4	3	9					
Wärmestrom	6	296	39	186	54	5	3	9					
Befehlssatz	8	296	33	11	2	23	68	137	13	9			

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Taktrate	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Instruction per Cycle	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Adressbus	9	296	16	24	3	3	23	68	137	13	9		
Busbreite	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Datenmenge	9	296	27	13	3	3	23	68	137	13	9		
Datenrate	9	296	24	16	3	3	23	68	137	13	9		
Programmausführzeit	9	296	31	11	3	1	23	68	137	13	9		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	9	296	23	19	3	1	23	68	137	13	9		
Schnittstelle	0	0											
Schreibzyklen	9	296	18	22	3	3	23	68	137	13	9		
Masse	5	296	40	94	138	15	9						
Housekeeping Data	9	296	17	22	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	49	101	122	15	9						
Form	5	296	50	100	122	15	9						
Tiefe	5	296	39	111	122	15	9						
Laenge	5	296	50	100	122	15	9						
Querschnittsfläche Max	6	296	31	67	146	40	3	9					
Volumen	5	296	35	115	122	15	9						
Spannung max	8	298	15	31	4	25	67	134	13	9			
Stromfluss Max	8	298	15	31	4	25	67	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	36	67	142	39	3	9					
Absorptionsleistung	6	296	41	186	51	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	41	186	51	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	53	173	53	5	3	9					
Bandbreite	10	296	22	21	3	3	1	23	67	134	13	9	
Abdeckung	0	0											
Kontaktzeit	10	296	13	25	4	3	1	23	68	137	13	9	
Datenrate	10	296	21	18	3	3	1	23	68	137	13	9	
Datenmenge	10	296	25	14	3	3	1	23	68	137	13	9	
Frequenz	10	298	28	19	4	3	1	23	67	133	12	8	
Antennengewinn	10	296	21	20	3	3	1	23	68	135	13	9	
Keulenbreite	11	296	4	14	21	3	3	1	23	68	137	13	9
Entfernung zur Bodenstation	6	296	24	46	85	120	13	8					
Energie pro Bit	10	296	14	25	3	3	1	23	68	137	13	9	
EIRP	11	296	7	23	9	3	3	1	23	68	137	13	9
C	10	296	14	25	3	3	1	23	68	137	13	9	
Rauschen	10	296	21	19	3	3	1	23	68	136	13	9	
Eb/No	10	296	13	26	3	3	1	23	68	137	13	9	
C/No	10	296	13	26	3	3	1	23	68	137	13	9	
Elevation	10	296	19	20	3	3	1	23	68	137	13	9	
Wirkungsgrad	10	296	18	24	3	3	1	23	67	135	13	9	
Leistungsanspruch max je Mod	7	296	19	27	27	70	132	12	9				
Leistungsverluste	10	296	15	23	7	3	3	23	68	134	12	8	
Querschnittsfläche Max	10	296	23	20	3	3	1	23	68	135	12	8	
Bandbreite	10	296	19	23	3	3	1	23	68	136	12	8	
Abdeckung	0	0											
Kontaktzeit	10	296	12	26	4	3	1	23	68	137	13	9	
Datenrate	10	296	18	21	3	3	1	23	68	137	13	9	
Datenmenge	10	296	21	17	4	3	1	23	68	137	13	9	
Frequenz	10	298	26	22	4	3	1	23	67	133	12	7	
Antennengewinn	10	296	21	20	3	3	1	23	68	136	12	9	
Keulenbreite	10	296	9	29	4	3	1	23	68	137	13	9	
Entfernung zur Antenne	10	296	13	29	3	3	1	23	68	136	13	7	
Energie pro Bit	10	296	11	27	4	3	1	23	68	137	13	9	
EIRP	11	296	5	12	22	4	3	1	23	68	136	13	9
C	10	296	12	26	4	3	1	23	68	137	13	9	
Rauschen	10	296	22	19	3	3	1	23	68	136	12	9	
Eb/No	10	296	11	27	4	3	1	23	68	137	13	9	
C/No	10	296	11	27	4	3	1	23	68	137	13	9	
Elevation	10	296	17	22	3	3	1	23	68	137	13	9	
Masse	5	296	23	76	179	9	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	25	112	141	9	9						
Form	5	296	25	112	141	9	9						
Tiefe	5	296	25	112	141	9	9						
Laenge	5	296	25	112	141	9	9						
projizierte Fläche	5	296	36	170	72	9	9						
Volumen	5	296	24	92	162	9	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	9	9	55	74	131	12	9				
Spannung max	8	299	10	19	25	25	68	131	12	9			
Strahlenbelastung max	2	2	1	1									
Stromfluss Max	8	299	10	19	25	25	68	131	12	9			
Temperatur mittel	6	296	11	53	188	30	5	9					
Absorptionsleistung	5	296	29	198	53	5	11						
Emissionsleistung	5	296	30	198	52	5	11						
Wärmestrom	6	296	28	189	61	4	5	9					
Kurzschlußstrom	2	2	1	1									
Lastwiderstand	0	0											
Füllfaktor	2	2	1	1									
Wirkungsgrad	2	2	1	1									
Schnittstelle	0	0											
Einfallswinkel	5	296	30	161	82	14	9						

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Masse	5	296	24	78	170	15	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	25	94	153	15	9						
Form	5	296	25	94	153	15	9						
Tiefe	5	296	25	94	153	15	9						
Laenge	5	296	25	94	153	15	9						
Volumen	5	296	25	94	153	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	8	299	8	8	21	37	69	134	13	9			
Spannung max	7	299	8	8	44	82	135	13	9				
Strahlenbelastung max	0	0											
Stromfluss Max	7	299	8	8	44	82	135	13	9				
Temperatur mittel	6	296	15	54	176	39	3	9					
Absorbtionsleistung	6	296	32	187	61	4	3	9					
Emissionsleistung	6	296	33	187	60	4	3	9					
Wärmestrom	6	296	32	186	61	5	3	9					
Kapazität	8	296	3	7	21	37	69	137	13	9			
Kalenderlebensdauer	8	296	1	9	21	37	69	137	13	9			
Zyklenlebensdauer	7	296	9	22	37	69	137	13	9				
DOD	8	296	3	7	21	37	69	137	13	9			
Energiedichte	6	296	5	29	88	152	13	9					
Schnittstelle	0	0											
Entladespannung	8	296	4	6	21	37	69	137	13	9			
Masse	5	296	23	75	176	13	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	25	105	145	12	9						
Form	5	296	26	104	145	12	9						
Tiefe	5	296	26	104	145	12	9						
Laenge	5	296	26	104	145	12	9						
Oberfläche max	5	296	32	148	97	10	9						
Volumen	5	296	25	105	145	12	9						
Temperatur mittel	6	296	9	52	183	38	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	190	61	5	5	9					
Absorbtionsleistung	6	296	27	190	61	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	191	60	4	5	9					
Reflexionsleistung	6	296	41	172	65	4	5	9					
projizierte Fläche	5	296	15	109	143	20	9						
thermische Kontaktleitfähigkeit	7	296	1	27	190	60	4	5	9				
thermischer Widerstand	6	296	16	145	110	11	5	9					
Schnittstelle	0	0											
Masse	5	296	23	74	176	14	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	21	93	159	14	9						
Form	5	296	22	92	159	14	9						
Tiefe	5	296	22	92	159	14	9						
Laenge	5	296	22	92	159	14	9						
Oberfläche max	5	296	11	92	157	27	9						
Volumen	5	296	22	92	159	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	9	8	43	82	135	13	9				
Spannung max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Stromfluss Max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	49	180	44	5	9					
Absorbtionsleistung	6	296	26	188	64	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	188	63	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	187	64	5	5	9					
Schnittstelle	0	0											
Masse	5	296	23	74	175	15	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	26	87	159	15	9						
Form	5	296	27	86	159	15	9						
Tiefe	5	296	27	86	159	15	9						
Laenge	5	296	27	86	159	15	9						
Volumen	5	296	27	86	159	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	14	9	42	77	135	13	9				
Spannung max	8	299	7	13	23	36	64	134	13	9			
Stromfluss Max	8	299	7	13	23	36	64	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	10	53	173	46	5	9					
Absorbtionsleistung	6	296	27	186	65	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	28	186	64	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	27	190	60	5	5	9					
Gravitationsmoment	5	296	8	66	198	15	9						
Drehmoment	2	6	4	2									
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	5	296	7	67	198	15	9						
Drehrate	2	6	5	1									
Nullpunktdrift	0	0											
Schnittstelle	0	0											
Masse	5	296	23	74	176	14	9						
Housekeeping Data	6	296	17	45	93	120	12	9					
Breite	5	296	20	97	156	14	9						
Form	5	296	22	95	156	14	9						
Tiefe	5	296	22	95	156	14	9						
Laenge	5	296	22	95	156	14	9						
Oberfläche max	5	296	15	96	150	26	9						

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Volumen	5	296	22	95	156	14	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	9	8	43	82	135	13	9				
Spannung max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Stromfluss Max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	49	181	43	5	9					
Absorbtiionsleistung	6	296	26	188	64	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	188	63	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	187	64	5	5	9					
Wellenlänge	0	0											
Temperaturstabilität	6	296	18	147	102	15	5	9					
Schnittstelle	0	0											
Masse	5	296	28	71	173	15	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	28	86	158	15	9						
Form	5	296	24	90	158	15	9						
Tiefe	5	296	29	85	158	15	9						
Laenge	5	296	29	85	158	15	9						
Volumen	5	296	29	85	158	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	15	8	42	77	135	13	9				
Spannung max	8	299	8	13	22	36	64	134	13	9			
Stromfluss Max	8	299	8	13	22	36	64	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	10	56	171	45	5	9					
Absorbtiionsleistung	6	296	28	186	64	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	29	186	63	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	192	59	5	5	9					
Gravitationsmoment	5	296	8	66	198	15	9						
Drehmoment	2	6	1	5									
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	5	296	8	66	198	15	9						
Drehimpuls	2	6	1	5									
Winkelgeschwindigkeiten	2	6	5	1									
Drallkapazität	2	6	5	1									
SIMK	0	0											
Massenschwerpunkt	0	0											
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Masse	5	296	18	70	184	15	9						
Breite	5	296	16	75	182	14	9						
Form	5	296	16	75	182	14	9						
Tiefe	5	296	16	75	182	14	9						
Laenge	5	296	16	75	182	14	9						
Oberfläche max	5	296	17	102	154	14	9						
Volumen	5	296	16	75	182	14	9						
Lasten max dynamisch	0	0											
Temperatur mittel	6	296	9	31	195	47	5	9					
Wärmestrom	6	296	27	187	64	4	5	9					
Thermische Ausdehnung	0	0											
Schnittstelle	0	0											
Margin of Safety	0	0											
Absorbtiionsleistung	5	296	5	62	204	14	11						
Emissionsleistung	5	296	27	201	52	5	11						
Masse	5	296	24	66	182	15	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	23	84	165	15	9						
Form	5	296	24	83	165	15	9						
Tiefe	5	296	24	83	165	15	9						
Laenge	5	296	24	83	165	15	9						
Oberfläche max	5	296	12	91	155	29	9						
Volumen	5	296	24	83	165	15	9						
Leistungsanspruch max je Mod	7	299	9	8	43	82	135	13	9				
Spannung max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Stromfluss Max	8	299	7	8	22	37	69	134	13	9			
Temperatur mittel	6	296	9	51	176	46	5	9					
Absorbtiionsleistung	6	296	26	190	62	4	5	9					
Emissionsleistung	6	296	27	190	61	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	26	189	62	5	5	9					
Triebweksschub	4	296	15	189	81	11							
spezifischer Impuls	4	296	25	183	77	11							
Geschwindigkeitsbedarf	4	296	23	185	77	11							
Massenfluß	4	296	32	174	79	11							
Treibstoffmasse	5	296	17	65	188	15	11						
Schnittstelle	0	0											
Startmasse	5	296	28	59	183	15	11						
Masse	5	296	24	98	150	15	9						
Housekeeping Data	9	296	13	26	4	3	23	68	137	13	9		
Breite	5	296	23	99	150	15	9						
Dichte	5	296	51	199	32	5	9						
Form	5	296	24	98	150	15	9						
Tiefe	5	296	24	98	150	15	9						
Laenge	5	296	24	98	150	15	9						
Oberfläche max	5	296	15	103	154	15	9						
Volumen	5	296	24	98	150	15	9						
Temperatur mittel	6	296	11	65	175	31	5	9					
Absorbtiionsleistung	6	296	28	202	48	4	5	9					

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Emissionsleistung	6	296	29	202	47	4	5	9					
Wärmestrom	6	296	28	201	48	5	5	9					
Treibstoffmasse	5	296	25	92	153	15	11						
Betriebsdruck	6	296	10	56	186	30	5	9					

Tabelle A.10: Auswertung von Abhängigkeiten der Parameter von Parameter

P	Parameter je Tiefe												
	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Missionsdauer	8	367	11	145	78	18	40	41	31	3			
Orbitperiode	9	367	11	7	138	78	18	40	41	31	3		
große Halbachse	0	0											
Exzentrizität	0	0											
Bahnneigung	0	0											
Rektaszension	0	0											
Argument des Perigäum	0	0											
mittlere Anomalie	10	367	6	7	5	138	78	18	40	41	31	3	
exzentrische Anomalie	11	367	4	3	6	5	138	78	18	40	41	31	3
Winkel Geschwindigkeit	1	1	1										
Solar Konstante	11	367	8	2	6	5	135	78	18	40	41	31	3
wahre Anomalie	0	0											
Positionsvektor	11	367	8	2	6	5	135	78	18	40	41	31	3
Bahnstörung	7	367	137	96	19	40	41	31	3				
Masse	9	367	9	40	159	27	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	21	76	134	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	18	62	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	20	77	134	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	20	77	134	4	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	6	23	77	125	4	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	19	78	134	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	10	22	182	24	16	38	41	31	3		
Stromfluss Max	0	0											
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	69	141	4	17	40	41	31	3		
Pointing Genauigkeit	0	0											
Datenrate	4	367	17	124	209	17							
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	4	367	21	267	78	1							
Masse	9	367	9	39	159	28	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	20	69	142	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	18	62	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	6	22	70	133	4	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	18	71	142	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	10	21	182	25	16	38	41	31	3		
Stromfluss Max	0	0											
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	69	141	4	17	40	41	31	3		
Pointing Genauigkeit	0	0											
Datenrate	4	367	17	124	209	17							
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	4	367	21	267	78	1							
Masse	9	367	9	39	159	28	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	20	69	142	4	17	40	41	31	3		

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Form	9	367	18	62	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	6	22	70	133	4	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	18	71	142	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	10	21	182	25	16	38	41	31	3		
Stromfluss Max	0	0											
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorbtiionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	69	141	4	17	40	41	31	3		
Pointing Genauigkeit	0	0											
Datenrate	4	367	17	124	209	17							
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	4	367	21	267	78	1							
Masse	9	367	9	39	159	28	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	20	69	142	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	18	62	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	6	22	70	133	4	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	18	71	142	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	10	21	182	25	16	38	41	31	3		
Stromfluss Max	0	0											
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorbtiionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	69	141	4	17	40	41	31	3		
Pointing Genauigkeit	0	0											
Datenrate	4	367	17	124	209	17							
Schnittstelle	0	0											
Betriebsdauerverhältniss	4	367	21	267	78	1							
Verfügbarkeit	0	0											
Datenmenge	4	367	65	95	180	27							
Schnittstelle	0	0											
Datenrate	4	367	69	91	180	27							
Masse	9	367	9	45	154	27	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	21	74	136	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	17	63	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	20	69	142	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Volumen	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	8	20	182	25	17	40	41	31	3		
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorbtiionsleistung	8	367	33	184	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	37	171	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	75	135	4	17	40	41	31	3		
Befehlssatz	5	367	5	37	246	78	1						
Taktrate	4	367	31	171	164	1							
Instruction per Cycle	0	0											
Adressbus	0	0											
Busbreite	6	367	1	5	36	246	78	1					
Datenmenge	4	367	64	114	186	3							
Datenrate	4	367	108	106	152	1							
Programmausführzeit	4	367	108	106	152	1							
Millionen Instruktionen pro Sekunde	4	367	107	107	152	1							
Schnittstelle	0	0											
Masse	9	367	9	45	154	27	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	21	74	136	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	17	63	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	20	69	142	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Volumen	9	367	19	70	142	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	9	367	8	20	182	25	17	40	41	31	3		
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorbtiionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	37	171	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	21	75	135	4	17	40	41	31	3		
Befehlssatz	5	367	5	37	246	78	1						

continued on next page

P	T	G	P	G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Taktrate	4	367			24	164	178	1							
Instruction per Cycle	0	0													
Adressbus	0	0													
Busbreite	6	367			1	5	36	246	78	1					
Datenmenge	4	367			55	114	195	3							
Datenrate	4	367			107	107	152	1							
Programmausführzeit	4	367			107	107	152	1							
Millionen Instruktionen pro Sekunde	4	367			107	107	152	1							
Schnittstelle	0	0													
Schreibzyklen	4	367			50	109	191	17							
Masse	9	367			9	46	155	25	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0													
Breite	9	367			21	76	135	3	17	40	41	31	3		
Form	9	367			18	64	150	3	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367			20	71	141	3	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367			20	71	141	3	17	40	41	31	3		
Querschnittsfläche Max	0	0													
Volumen	9	367			19	72	141	3	17	40	41	31	3		
Spannung max	2	2			1	1									
Stromfluss Max	2	2			1	1									
Temperatur mittel	9	367			39	160	35	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367			34	184	17	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367			38	171	26	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367			21	77	134	3	17	40	41	31	3		
Bandbreite	1	2			2										
Abdeckung	1	2			2										
Kontaktzeit	4	367			51	137	154	25							
Datenrate	4	367			106	108	152	1							
Datenmenge	4	367			54	142	147	24							
Frequenz	0	0													
Antennengewinn	8	367			27	171	43	17	38	41	27	3			
Keulenbreite	9	367			19	64	150	3	17	40	41	30	3		
Entfernung zur Bodenstation	11	367			8	2	6	5	135	78	18	40	41	31	3
Energie pro Bit	4	367			63	125	155	24							
EIRP	9	367			24	68	152	3	15	36	41	25	3		
C	5	367			33	104	188	20	22						
Rauschen	9	367			20	66	150	3	17	40	41	27	3		
Eb/No	4	367			67	121	155	24							
C/No	4	367			66	123	154	24							
Elevation	11	367			10	2	6	5	134	77	18	40	41	31	3
Wirkungsgrad	0	0													
Leistungsanspruch max je Mod	2	3			2	1									
Leitungsverluste	0	0													
Querschnittsfläche Max	0	0													
Bandbreite	1	2			2										
Abdeckung	1	2			2										
Kontaktzeit	4	367			44	144	154	25							
Datenrate	4	367			106	108	152	1							
Datenmenge	4	367			31	109	186	41							
Frequenz	0	0													
Antennengewinn	9	367			12	11	135	78	18	40	41	29	3		
Keulenbreite	11	367			12	2	6	5	134	78	18	40	41	28	3
Entfernung zur Antenne	11	367			8	2	6	5	135	78	18	40	41	31	3
Energie pro Bit	4	367			49	139	155	24							
EIRP	10	367			6	14	13	134	78	16	38	41	24	3	
C	9	367			20	79	152	3	15	36	41	19	2		
Rauschen	11	367			12	3	6	5	134	78	18	40	41	27	3
Eb/No	4	367			65	124	154	24							
C/No	4	367			74	116	153	24							
Elevation	11	367			9	2	6	5	135	78	18	40	41	30	3
Masse	9	367			9	41	157	28	17	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0													
Breite	9	367			23	73	135	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367			18	62	151	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367			22	68	141	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367			21	69	141	4	17	40	41	31	3		
projizierte Fläche	10	367			5	20	71	135	4	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367			21	69	141	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3			2	1									
Spannung max	2	3			2	1									
Strahlenbelastung max	9	367			10	23	181	24	16	38	41	31	3		
Stromfluss Max	0	0													
Temperatur mittel	9	367			39	158	37	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367			35	182	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367			38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367			21	71	139	4	17	40	41	31	3		
Kurzschlußstrom	9	371			27	84	167	4	1	13	41	31	3		
Lastwiderstand	0	0													
Füllfaktor	9	371			34	97	147	4	1	13	41	31	3		
Wirkungsgrad	0	0													
Schnittstelle	0	0													
Einfallswinkel	10	367			11	7	5	134	77	18	40	41	31	3	

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Masse	6	367	10	57	198	68	31	3					
Housekeeping Data	0	0											
Breite	7	367	21	73	154	44	41	31	3				
Form	8	367	17	62	152	21	40	41	31	3			
Tiefe	7	367	20	69	159	44	41	31	3				
Laenge	7	367	20	69	159	44	41	31	3				
Volumen	7	367	19	70	159	44	41	31	3				
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Strahlenbelastung max	8	367	8	20	183	41	40	41	31	3			
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	8	367	38	158	39	17	40	41	31	3			
Absorbtionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	37	171	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	8	367	20	69	142	21	40	41	31	3			
Kapazität	4	367	105	137	124	1							
Kalenderlebensdauer	4	367	86	151	129	1							
Zyklenlebensdauer	4	367	71	119	173	4							
DOD	4	367	108	129	129	1							
Energiedichte	5	367	39	109	184	32	3						
Schnittstelle	0	0											
Entladespannung	9	367	60	72	143	5	1	11	41	31	3		
Masse	9	367	9	36	160	29	18	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	24	65	141	5	17	40	41	31	3		
Form	9	367	19	61	150	5	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	23	66	141	5	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	23	66	141	5	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	6	19	64	141	5	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	22	67	141	5	17	40	41	31	3		
Temperatur mittel	9	367	38	159	37	1	17	40	41	31	3		
Wärmestrom	9	367	20	65	145	5	17	40	41	31	3		
Absorbtionsleistung	8	367	35	182	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	41	168	26	17	40	41	31	3			
Reflexionsleistung	8	367	35	182	18	17	40	41	31	3			
projizierte Fläche	10	367	4	21	64	141	5	17	40	41	31	3	
thermische Kontaktleitfähigkeit	0	0											
thermischer Widerstand	0	0											
Schnittstelle	0	0											
Masse	9	367	8	34	160	32	18	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	20	66	144	5	17	40	41	31	3		
Form	9	367	17	60	153	5	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	19	67	144	5	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	19	67	144	5	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	5	17	64	144	5	17	40	41	31	3	
Volumen	9	367	18	68	144	5	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	37	158	39	1	17	40	41	31	3		
Absorbtionsleistung	8	367	35	182	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	169	28	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	19	63	148	5	17	40	41	31	3		
Schnittstelle	0	0											
Masse	9	367	8	39	157	30	18	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	21	70	140	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	17	60	153	5	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	20	66	144	5	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	20	66	144	5	17	40	41	31	3		
Volumen	9	367	19	67	144	5	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	37	158	39	1	17	40	41	31	3		
Absorbtionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	37	170	28	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	19	68	144	4	17	40	41	31	3		
Gravitationsmoment	7	367	25	121	103	43	41	31	3				
Drehmoment	8	373	35	168	44	15	36	41	31	3			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	7	367	94	96	62	40	41	31	3				
Drehrate	8	373	31	172	44	15	36	41	31	3			
Nullpunktdrift	9	367	19	62	149	5	17	40	41	31	3		
Schnittstelle	0	0											
Masse	9	367	8	36	159	31	18	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	23	64	144	4	17	40	41	31	3		
Form	9	367	16	62	153	4	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	22	65	144	4	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	22	65	144	4	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	10	367	5	19	63	144	4	17	40	41	31	3	

continued on next page

P	T_G	P_G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Volumen	9	367	21	66	144	4	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	37	159	38	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367	35	184	16	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	38	170	27	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	19	64	148	4	17	40	41	31	3		
Wellenlänge	0	0											
Temperaturstabilität	0	0											
Schnittstelle	0	0											
Masse	9	367	8	43	159	24	18	40	41	31	3		
Housekeeping Data	0	0											
Breite	9	367	21	74	134	6	17	40	41	31	3		
Form	9	367	17	59	153	6	17	40	41	31	3		
Tiefe	9	367	20	65	144	6	17	40	41	31	3		
Laenge	9	367	20	65	144	6	17	40	41	31	3		
Volumen	9	367	19	66	144	6	17	40	41	31	3		
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Stromfluss Max	2	3	2	1									
Temperatur mittel	9	367	36	158	40	1	17	40	41	31	3		
Absorptionsleistung	8	367	34	183	18	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	37	169	29	17	40	41	31	3			
Wärmestrom	9	367	19	72	138	6	17	40	41	31	3		
Gravitationsmoment	7	367	25	121	103	43	41	31	3				
Drehmoment	8	373	40	163	44	15	36	41	31	3			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	7	367	94	96	62	40	41	31	3				
Drehimpuls	8	373	40	163	44	15	36	41	31	3			
Winkelgeschwindigkeiten	8	373	31	172	44	15	36	41	31	3			
Drallkapazität	6	373	245	17	36	41	31	3					
SIMK	7	367	113	109	30	40	41	31	3				
Massenschwerpunkt	0	0											
Housekeeping Data	7	367	112	110	30	40	41	31	3				
Masse	7	367	124	104	24	40	41	31	3				
Breite	8	367	107	114	14	17	40	41	31	3			
Form	7	367	123	105	24	40	41	31	3				
Tiefe	7	367	123	105	24	40	41	31	3				
Laenge	9	367	15	74	133	13	17	40	41	31	3		
Oberfläche max	7	367	121	107	24	40	41	31	3				
Volumen	7	367	148	74	30	40	41	31	3				
Lasten max dynamisch	9	367	36	158	40	1	17	40	41	31	3		
Temperatur mittel	9	367	19	72	138	6	17	40	41	31	3		
Wärmestrom	8	367	20	178	36	18	40	41	31	3			
Thermische Ausdehnung	0	0											
Schnittstelle	7	367	148	74	30	40	41	31	3				
Margin of Safety	8	367	35	184	16	17	40	41	31	3			
Absorptionsleistung	8	367	39	171	25	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	8	367	11	138	84	19	40	41	31	3			
Masse	0	0											
Housekeeping Data	8	367	24	173	37	18	40	41	31	3			
Breite	8	367	21	171	42	18	40	41	31	3			
Form	8	367	23	174	37	18	40	41	31	3			
Tiefe	8	367	23	174	37	18	40	41	31	3			
Laenge	8	367	8	135	90	19	40	41	31	3			
Oberfläche max	8	367	22	175	37	18	40	41	31	3			
Volumen	2	3	2	1									
Leistungsanspruch max je Mod	2	3	2	1									
Spannung max	2	3	2	1									
Stromfluss Max	9	367	36	158	40	1	17	40	41	31	3		
Temperatur mittel	8	367	35	185	15	17	40	41	31	3			
Absorptionsleistung	8	367	38	169	28	17	40	41	31	3			
Emissionsleistung	9	367	19	65	145	6	17	40	41	31	3		
Wärmestrom	8	367	15	141	78	18	40	41	31	3			
Triebwerksschub	8	367	6	132	95	19	40	41	31	3			
spezifischer Impuls	7	367	46	151	55	40	41	31	3				
Geschwindigkeitsbedarf	8	367	6	46	145	55	40	41	31	3			
Massenfluß	7	367	34	125	92	41	41	31	3				
Treibstoffmasse	0	0											
Schnittstelle	7	367	115	111	26	40	41	31	3				
Startmasse	7	367	32	124	94	42	41	31	3				
Masse	0	0											
Housekeeping Data	8	367	27	172	35	18	40	41	31	3			
Breite	8	367	27	172	35	18	40	41	31	3			
Dichte	8	367	24	169	41	18	40	41	31	3			
Form	8	367	26	173	35	18	40	41	31	3			
Tiefe	8	367	27	172	35	18	40	41	31	3			
Laenge	8	367	10	134	89	19	40	41	31	3			
Oberfläche max	8	367	25	174	35	18	40	41	31	3			
Volumen	9	367	36	157	41	1	17	40	41	31	3		
Temperatur mittel	8	367	37	187	11	17	40	41	31	3			
Absorptionsleistung	8	367	40	169	26	17	40	41	31	3			

continued on next page

[illegible]

Tabelle A.11: EAF-Faktor für Knoten

Parameter	EAF je Tiefe											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Missionsdauer	13,09	14,00	0,94	0,24	A	A	A	A	A			
Orbitperiode	14,36	194,67	13,00	0,01	A	A	A	A	A	A		
große Halbachse	E	E	E	E								
Exzentrizität	E	E	E	E								
Bahnneigung	E	E	E	E	E	E						
Rektaszension	E	E	E	E	E	E						
Argument des Perigäum	E	E	E	E	E	E						
mittlere Anomalie	41,00	364,13	83,27	0,17	A	A	A	A	A	A	A	
exzentrische Anomalie	57,00	897,50	114,58	3,27	A	A	A	A	A	A	A	A
Winkel Geschwindigkeit	2,00	E	E	E	E							
Solar Konstante	24,13	438,80	133,08	25,36	1,34	0,09	A	A	A	A	A	A
wahre Anomalie	E	E	E	E								
Positionsvektor	0,38	5,50	73,92	305,18	8,18	0,15	0,23	A	A	A	A	A
Bahnstörung	0,39	0,47	1,52	8,88	1,02	A	A	A				
Masse	2,56	2,70	2,09	0,90	0,76	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,14	1,32	0,81	1,19	10,09	5,13	A	A	A	A		
Form	1,33	1,77	1,11	0,95	10,09	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,20	1,42	0,80	1,19	10,09	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,20	1,42	0,80	1,19	10,09	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	2,43	6,07	1,39	0,28	11,23	A	A	A	A	A	
Volumen	1,21	1,43	0,80	1,19	10,09	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	26,00	E	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	24,00	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,23	0,29	0,24	3,54	23,44	3,08	1,02	A	A	A	A	
Absorbtionsleistung	0,76	0,71	0,89	3,86	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,71	0,71	1,03	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,24	1,39	2,39	0,30	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,59	0,14	0,01	0,04	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,56	0,06	0,02	E	E	E	E	E			
Masse	2,56	2,78	2,18	0,90	0,72	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,54	1,10	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Form	1,33	1,80	1,11	0,95	10,09	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	2,53	6,93	1,86	0,23	11,23	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,69	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	26,00	E	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	24,00	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,23	0,29	0,24	3,54	23,44	3,08	1,02	A	A	A	A	
Absorbtionsleistung	0,76	0,71	0,89	3,86	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,71	0,72	1,03	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,24	1,41	2,39	0,30	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,59	0,14	0,01	0,04	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,56	0,06	0,02	E	E	E	E	E			
Masse	2,56	2,78	2,18	0,90	0,72	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,54	1,10	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Form	1,33	1,80	1,11	0,95	10,09	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	2,53	6,93	1,86	0,23	11,23	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,69	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	26,00	E	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	24,00	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,23	0,29	0,24	3,54	23,44	3,08	1,02	A	A	A	A	
Absorbtionsleistung	0,76	0,71	0,89	3,86	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,71	0,72	1,03	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,24	1,41	2,39	0,30	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,59	0,14	0,01	0,04	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,56	0,06	0,02	E	E	E	E	E			
Masse	2,56	2,78	2,18	0,90	0,72	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,54	1,10	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Form	1,33	1,80	1,11	0,95	10,09	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	2,53	6,93	1,86	0,23	11,23	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,69	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	26,00	E	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	24,00	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,29	0,24	3,54	23,44	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	0,71	0,89	3,86	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	0,72	1,03	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,24	1,41	2,39	0,30	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,59	0,14	0,01	0,04	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,56	0,06	0,02	E	E	E	E	E			
Masse	2,56	2,78	2,18	0,90	0,72	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,54	1,10	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Form	1,33	1,80	1,11	0,95	10,09	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,66	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	2,53	6,93	1,86	0,23	11,23	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,69	1,08	0,97	10,09	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	26,00	E	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	24,00	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,29	0,24	3,54	23,44	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	0,71	0,89	3,86	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	0,72	1,03	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,24	1,41	2,39	0,30	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,59	0,14	0,01	0,04	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,56	0,06	0,02	E	E	E	E	E			
Verfügbarkeit	E	E	E	E	E	E	E	E	E			
Datenmenge	0,23	0,23	0,17	0,02	0,13	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Datenrate	0,03	0,01	0,15	0,07	0,22	E	E	E	E	E		
Masse	2,67	2,86	2,38	0,81	0,78	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,00	1,43	1,27	0,88	10,34	5,13	A	A	A	A		
Form	1,29	1,82	1,35	0,84	10,34	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,10	1,62	1,32	0,85	10,34	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,16	1,76	1,31	0,85	10,34	5,13	A	A	A	A		
Volumen	1,11	1,65	1,32	0,85	10,34	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	12,00	87,25	E	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	11,00	86,25	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	0,13	0,43	0,76	0,36	4,90	8,88	1,02	A	A	A		
Stromfluss Max	11,00	86,25	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,26	0,31	0,31	3,37	21,08	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,82	0,73	0,89	3,79	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,76	0,73	1,03	1,25	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,29	1,44	2,24	0,31	5,89	3,08	1,02	A	A	A		
Befehlssatz	6,60	4,91	0,25	0,01	0,16	E	E	E	E			
Taktrate	0,58	0,24	0,11	0,02	E	E	E	E	E			
Instruction per Cycle	E	E	E	E	E	E	E	E	E			
Adressbus	E	E	E	E	E	E	E	E	E			
Busbreite	18,00	60,20	3,38	0,09	0,01	0,16	E	E	E	E		
Datenmenge	0,41	0,35	0,09	0,01	1,67	E	E	E	E	E		
Datenrate	0,16	0,10	0,18	0,02	E	E	E	E	E	E		
Programmausführzeit	0,29	0,20	0,09	0,01	E	E	E	E	E	E		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	0,21	0,17	0,14	0,01	E	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Masse	3,89	4,84	2,25	0,77	0,78	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,52	2,59	1,19	0,84	10,34	5,13	A	A	A	A		
Form	1,94	3,25	1,25	0,80	10,34	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,65	2,89	1,22	0,81	10,34	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,74	3,14	1,21	0,81	10,34	5,13	A	A	A	A		
Volumen	1,74	3,14	1,21	0,81	10,34	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	12,00	87,25	E	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	11,00	86,25	E	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	0,13	0,43	0,75	0,36	4,90	8,88	1,02	A	A	A		
Stromfluss Max	11,00	86,25	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,56	0,87	0,32	3,10	20,03	2,73	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	1,03	0,99	0,89	3,21	2,09	0,54	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,97	1,01	1,02	1,06	2,09	0,54	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,86	2,69	2,17	0,27	5,26	2,73	1,02	A	A	A		
Befehlssatz	6,60	4,91	0,25	0,01	0,16	E	E	E	E			

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Taktrate	0,75	0,36	0,10	0,02	E	E	E	E	E	E		
Instruction per Cycle	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Adressbus	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Busbreite	18,00	60,20	3,38	0,09	0,01	0,16	E	E	E	E		
Datenmenge	0,49	0,46	0,07	0,01	1,67	E	E	E	E	E		
Datenrate	0,22	0,17	0,10	0,02	E	E	E	E	E	E		
Programmausführzeit	0,29	0,21	0,09	0,01	E	E	E	E	E	E		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	0,21	0,17	0,14	0,01	E	E	E	E	E	E		
Schnittstelle												
Schreibzyklen	0,36	0,28	0,16	0,01	0,11	E	E	E	E	E		
Masse	4,44	5,56	2,26	0,73	0,79	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	2,33	3,83	1,07	0,80	12,46	5,13	A	A	A	A		
Form	2,78	4,39	1,15	0,76	12,46	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,95	3,57	1,19	0,77	12,46	5,13	A	A	A	A		
Laenge	2,50	4,03	1,12	0,77	12,46	5,13	A	A	A	A		
Querschnittsfläche Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Volumen	1,84	3,46	1,23	0,77	12,46	5,13	A	A	A	A		
Spannung max	15,00	166,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Stromfluss Max	15,00	166,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,92	1,31	0,30	2,97	19,92	2,73	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	1,21	1,09	0,85	3,24	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	1,08	1,07	0,99	1,07	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	2,52	3,61	2,04	0,27	6,33	2,73	1,02	A	A	A		
Bandbreite	11,00	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Abdeckung	A											
Kontaktzeit	0,25	0,29	0,10	0,02	0,09	E	E	E	E	E		
Datenrate	0,20	0,17	0,10	0,02	E	E	E	E	E	E		
Datenmenge	0,46	0,29	0,06	0,02	0,09	E	E	E	E	E		
Frequenz	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Antennengewinn	0,78	0,98	0,08	0,05	0,40	0,05	0,36	1,85	63,43	E		
Keulenbreite	0,21	0,22	0,15	0,09	1,92	0,40	0,05	0,36	1,82	104,10	E	E
Entfernung zur Bodenstation	3,00	41,90	79,58	170,45	13,41	0,14	0,21	A	A	A	A	A
Energie pro Bit	0,22	0,19	0,12	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
EIRP	0,29	0,43	0,23	0,03	1,92	0,41	0,05	0,36	1,87	124,80	E	E
C	0,42	0,63	0,11	0,02	0,20	0,06	E	E	E	E	E	E
Rauschen	1,05	1,80	0,15	0,02	1,05	0,23	0,75	1,60	3,30	9,18	E	E
Eb/No	0,19	0,16	0,13	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
C/No	0,20	0,17	0,13	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
Elevation	1,90	13,69	24,25	6,82	0,20	0,01	0,17	16,92	6,04	0,41	0,54	A
Wirkungsgrad	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Leistungsanspruch max je Mod	9,50	91,50	248,00	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Leitungsverluste	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Querschnittsfläche Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Bandbreite	9,50	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Abdeckung	A											
Kontaktzeit	0,27	0,32	0,10	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
Datenrate	0,17	0,15	0,12	0,02	E	E	E	E	E	E	E	E
Datenmenge	0,68	0,44	0,10	0,02	0,04	E	E	E	E	E	E	E
Frequenz	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Antennengewinn	1,75	11,34	1,43	0,02	0,02	0,23	0,75	1,60	3,27	9,08	E	E
Keulenbreite	0,75	7,65	36,17	8,09	0,20	0,01	0,17	16,92	6,04	0,41	0,55	A
Entfernung zur Antenne	1,63	24,60	36,58	6,82	0,20	0,01	0,17	16,92	6,01	0,41	0,51	A
Energie pro Bit	0,22	0,15	0,13	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
EIRP	0,83	2,19	5,95	1,53	0,03	0,02	0,24	0,75	1,60	3,34	10,35	E
C	0,60	0,81	0,22	0,02	1,05	0,24	0,76	1,60	3,64	10,47	E	E
Rauschen	1,83	18,70	24,17	6,82	0,20	0,01	0,17	16,92	6,01	0,41	0,54	A
Eb/No	0,17	0,13	0,15	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
C/No	0,15	0,12	0,15	0,02	0,09	E	E	E	E	E	E	E
Elevation	1,89	17,78	27,25	6,82	0,20	0,01	0,17	16,92	6,04	0,41	0,54	A
Masse	2,56	2,60	2,14	0,92	0,59	5,13	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,09	1,52	1,30	0,88	8,30	5,13	A	A	A	A		
Form	1,39	1,88	1,39	0,83	8,30	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,14	1,63	1,36	0,85	8,30	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,19	1,65	1,36	0,85	8,30	5,13	A	A	A	A		
projizierte Fläche	7,20	8,75	17,13	0,79	0,11	11,23	A	A	A	A	A	A
Volumen	1,14	1,63	1,08	1,00	8,30	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	18,50	E	E	E	E	E	E	E	E		
Spannung max	5,00	25,50	E	E	E	E	E	E	E	E		
Strahlenbelastung max	0,10	0,02	0,00	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,28	0,31	0,25	3,76	15,38	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,83	0,73	0,96	3,27	3,37	1,09	A	A	A	A		
Emissionsleistung	0,79	0,75	1,11	1,08	3,37	1,09	A	A	A	A		
Wärmestrom	1,33	1,38	2,37	0,30	5,21	3,08	1,02	A	A	A		
Kurzschlußstrom	0,04	0,00	0,00	A	A	A	A	A	A	A		
Lastwiderstand												
Füllfaktor	0,03	0,00	0,00	A	A	A	A	A	A	A		
Wirkungsgrad	E	E	E									
Schnittstelle												
Einfallswinkel	2,73	16,68	294,42	8,74	0,15	0,23	A	A	A	A	A	A

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Masse	2,40	2,20	1,91	0,80	0,28	0,55	A					
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,19	1,56	1,02	0,97	0,91	0,48	A	A				
Form	1,47	1,91	1,11	0,94	4,08	1,02	A	A	A			
Tiefe	1,25	1,69	1,06	0,94	0,91	0,48	A	A				
Laenge	1,25	1,69	1,06	0,94	0,91	0,48	A	A				
Volumen	1,32	1,83	1,05	0,94	0,91	0,48	A	A				
Leistungsanspruch max je Mod	4,00	9,25	E	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	10,25	E	E	E	E	E	E				
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A			
Stromfluss Max	4,00	10,25	E	E	E	E	E	E				
Temperatur mittel	0,39	0,37	0,26	3,43	7,90	0,54	0,48	A	A			
Absorbtionsleistung	0,94	0,75	0,89	3,86	2,09	0,54	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,89	0,77	1,03	1,28	2,09	0,54	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,60	1,62	2,37	0,30	2,08	0,54	0,48	A	A			
Kapazität	0,03	0,01	0,03	0,14	E	E	E	E	E			
Kalenderlebensdauer	0,01	0,01	0,09	1,53	E	E	E	E				
Zykluslebensdauer	0,13	0,14	0,15	0,13	35,86	E	E	E				
DOD	0,03	0,01	0,03	0,14	E	E	E	E	E			
Energiedichte	0,13	0,10	0,20	0,46	3,48	9,18	E					
Schnittstelle												
Entladespannung	0,07	0,07	0,05	0,13	10,65	24,75	7,54	0,41	0,55	A		
Masse	2,56	2,54	2,39	0,90	0,61	4,76	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,04	1,52	1,38	0,85	7,33	5,13	A	A	A	A		
Form	1,37	1,77	1,39	0,84	7,33	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,13	1,62	1,36	0,85	7,33	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,13	1,62	1,36	0,85	7,33	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	5,33	7,30	13,56	1,27	0,11	9,60	A	A	A	A	A	
Volumen	1,14	1,70	1,35	0,85	7,33	5,13	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,24	0,30	0,25	3,64	18,79	3,08	1,02	A	A	A		
Wärmestrom	1,30	1,40	2,53	0,28	5,04	3,08	1,02	A	A	A		
Absorbtionsleistung	0,77	0,74	0,89	3,74	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,66	0,71	1,04	1,24	2,38	0,61	0,48	A	A			
Reflexionsleistung	1,17	1,15	0,80	3,73	2,38	0,61	0,48	A	A			
projizierte Fläche	3,75	4,11	9,47	1,80	0,16	9,60	A	A	A	A	A	
thermische Kontaktleitfähigkeit	E	E	E	E	E	E	E	E				
thermischer Widerstand	E	E	E	E	E	E	E					
Schnittstelle												
Masse	2,88	2,87	2,47	0,89	0,66	4,76	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,05	1,51	1,11	0,97	8,64	5,13	A	A	A	A		
Form	1,29	1,77	1,13	0,95	8,64	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,16	1,62	1,10	0,97	8,64	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,16	1,62	1,10	0,97	8,64	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,20	2,40	10,90	1,95	0,22	9,60	A	A	A	A	A	
Volumen	1,22	1,76	1,09	0,97	8,64	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	10,00	E	E	E	E	E	E				
Spannung max	3,50	9,00	E	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	3,50	9,00	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,24	0,28	0,24	3,54	23,46	3,08	1,02	A	A	A		
Absorbtionsleistung	0,74	0,69	0,89	3,91	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,71	0,71	1,03	1,29	2,38	0,61	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,37	1,48	2,51	0,30	5,04	3,08	1,02	A	A	A		
Schnittstelle												
Masse	2,88	2,93	2,16	0,90	0,71	4,76	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,24	1,55	1,04	1,00	8,84	5,13	A	A	A	A		
Form	1,59	1,88	1,11	0,95	8,84	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,35	1,68	1,08	0,97	8,84	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,35	1,68	1,08	0,97	8,84	5,13	A	A	A	A		
Volumen	1,42	1,82	1,07	0,97	8,84	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	7,00	14,00	E	E	E	E	E	E				
Spannung max	3,50	10,25	E	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	3,50	10,25	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,27	0,33	0,24	3,49	24,18	3,08	1,02	A	A	A		
Absorbtionsleistung	0,79	0,72	0,88	3,94	2,38	0,61	0,48	A	A			
Emissionsleistung	0,76	0,74	1,02	1,30	2,38	0,61	0,48	A	A			
Wärmestrom	1,42	1,58	2,35	0,30	5,04	3,08	1,02	A	A	A		
Gravitationsmoment	0,32	0,32	0,66	1,42	0,92	0,48	A	A				
Drehmoment	0,11	0,01	0,00	A	A	A	A	A	A			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	0,07	0,05	0,76	2,88	0,94	0,48	A	A				
Drehrate	0,16	0,01	0,00	A	A	A	A	A	A			
Nullpunktdrift	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Schnittstelle												
Masse	2,88	2,64	2,47	0,90	0,65	4,76	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	0,87	1,35	1,17	0,95	8,56	5,13	A	A	A	A		
Form	1,38	1,87	1,16	0,94	8,56	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,00	1,53	1,14	0,95	8,56	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,00	1,53	1,14	0,95	8,56	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	3,00	2,96	11,45	1,86	0,21	9,60	A	A	A	A	A	

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumen	1,05	1,68	1,13	0,95	8,56	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	10,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Spannung max	3,50	9,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Stromfluss Max	3,50	9,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,24	0,27	0,24	3,56	22,77	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,74	0,68	0,89	3,90	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	0,70	1,03	1,29	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,37	1,41	2,51	0,29	5,04	3,08	1,02	A	A	A		
Wellenlänge												
Temperaturstabilität	E	E	E	E	E	E	E					
Schnittstelle												
Masse	3,50	2,90	2,35	0,88	0,73	4,76	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,33	1,72	1,06	0,97	8,84	5,13	A	A	A	A		
Form	1,41	2,12	1,10	0,94	8,84	5,13	A	A	A	A		
Tiefe	1,45	1,93	1,07	0,96	8,84	5,13	A	A	A	A		
Laenge	1,45	1,93	1,07	0,96	8,84	5,13	A	A	A	A		
Volumen	1,53	2,10	1,06	0,96	8,84	5,13	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	7,50	15,75	E	E	E	E	E	E	E	E		
Spannung max	4,00	12,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Stromfluss Max	4,00	12,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Temperatur mittel	0,28	0,37	0,25	3,44	23,62	3,08	1,02	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,82	0,76	0,88	3,87	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	0,78	0,78	1,01	1,28	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Wärmestrom	1,37	1,54	2,41	0,29	5,04	3,08	1,02	A	A	A		
Gravitationsmoment	0,32	0,32	0,66	1,42	0,92	0,48	A	A	A	A		
Drehmoment	0,03	0,01	0,04	3,07	30,92	1,11	A	A	A	A		
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	0,09	0,05	0,75	2,88	0,94	0,48	A	A	A	A		
Drehimpuls	0,03	0,01	0,04	3,07	30,92	1,11	A	A	A	A		
Winkelgeschwindigkeiten	0,16	0,01	0,00	A	A	A	A	A	A	A		
Drallkapazität	0,03	0,00	A	A	A	A	A	A	A	A		
SIMK	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Massenschwerpunkt												
Housekeeping Data	0,12	0,09	0,14	0,24	0,12	0,36	1,82	63,82	E	E		
Masse	0,15	0,10	0,65	11,35	0,94	0,48	A	A				
Breite	0,15	0,08	0,65	13,72	4,60	1,02	A	A	A			
Form	0,13	0,08	0,69	11,20	0,92	0,48	A	A	A			
Tiefe	0,13	0,08	0,69	11,20	0,92	0,48	A	A	A			
Laenge	1,07	1,34	1,32	1,00	1,47	5,13	A	A	A	A		
Oberfläche max	0,14	0,12	0,79	9,81	0,92	0,48	A	A	A	A		
Volumen	0,11	0,06	1,02	11,17	0,92	0,48	A	A	A	A		
Lasten max dynamisch	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,47	0,43	0,42	1,17	17,62	3,08	1,02	A	A	A		
Wärmestrom	1,35	0,42	1,10	1,12	2,21	0,61	0,48	A	A	A		
Thermische Ausdehnung												
Schnittstelle	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Margin of Safety	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,13	0,05	0,40	6,38	4,89	1,09	A	A	A	A		
Emissionsleistung	2,45	2,08	1,29	0,48	3,13	1,09	A	A	A	A		
Masse	E	E	E	E	E	E						
Housekeeping Data	0,54	0,52	0,09	0,11	0,54	0,75	1,60	3,26	9,18	E		
Breite	1,10	0,96	0,40	4,70	4,38	1,02	A	A	A	A		
Form	1,04	0,96	0,40	4,70	4,38	1,02	A	A	A	A		
Tiefe	1,04	0,96	0,40	4,70	4,38	1,02	A	A	A	A		
Laenge	3,00	1,50	0,56	1,65	4,38	1,02	A	A	A	A		
Oberfläche max	0,55	0,61	0,41	4,39	7,56	1,02	A	A	A	A		
Volumen	12,00	104,75	E	E	E	E						
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	10,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Spannung max	3,50	9,00	E	E	E	E	E	E	E	E		
Stromfluss Max	0,19	0,06	0,02	0,40	15,03	17,06	6,03	0,41	0,55	A		
Temperatur mittel	0,26	0,17	0,21	29,14	9,21	0,61	0,48	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,68	0,70	1,00	1,48	2,38	0,61	0,48	A	A	A		
Emissionsleistung	1,42	2,65	2,10	0,32	4,45	3,08	1,02	A	A	A		
Wärmestrom	1,73	1,06	1,39	0,47	2,69	0,61	0,48	A	A	A		
Triebwerksschub	2,50	1,65	1,23	0,88	5,08	A	A	A	A	A		
spezifischer Impuls	0,54	0,62	0,99	1,93	1,09	A	A	A	A	A		
Geschwindigkeitsbedarf	3,83	5,89	3,77	0,53	0,54	A	A	A	A	A		
Massenfluß	0,94	1,25	1,21	0,89	1,09	A	A	A	A	A		
Treibstoffmasse	E	E	E	E	E	E						
Schnittstelle	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Startmasse	0,88	0,82	0,37	1,91	0,98	0,52	A	A				
Masse	E	E	E	E	E	E						
Housekeeping Data	0,48	0,41	0,09	0,11	0,54	0,75	1,60	3,26	9,18	E		
Breite	0,85	0,73	0,49	4,40	4,38	1,02	A	A	A	A		
Dichte	2,13	1,86	1,01	0,77	2,86	1,02	A	A	A	A		
Form	0,92	0,86	0,48	4,40	4,38	1,02	A	A	A	A		
Tiefe	0,89	0,85	0,48	4,40	4,38	1,02	A	A	A	A		
Laenge	2,40	1,36	0,66	1,51	4,38	1,02	A	A	A	A		
Oberfläche max	0,60	0,65	0,49	4,50	4,38	1,02	A	A	A	A		
Volumen	0,67	0,76	0,54	2,84	12,46	5,13	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,30	0,22	0,29	72,76	5,51	0,61	0,48	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,70	0,72	1,08	1,07	2,38	0,61	0,48	A	A	A		

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Emissionsleistung	1,53	2,68	2,19	0,22	4,45	3,08	1,02	A	A	A		
Wärmestrom	1,22	0,89	1,54	0,30	0,53	0,29	0,55	A				
Treibstoffmasse	0,83	0,70	0,47	4,80	5,01	1,09	A	A	A			
Betriebsdruck	E	E	E	E	E	E	E					

Tabelle A.12: EAF-Parameter

Parameter	EAF je Tiefe										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Missionsdauer	13,09	0,97	0,14	A	A	A	A	A			
Orbitperiode	14,36	19,43	0,01	A	A	A	A	A	A		
große Halbachse	E	E	E								
Exzentrizität	E	E	E								
Bahnneigung	E	E	E	E	E						
Rektaszension	E	E	E	E	E						
Argument des Perigäum	E	E	E	E	E						
mittlere Anomalie	41,00	6,86	0,40	A	A	A	A	A	A	A	
exzentrische Anomalie	57,00	22,00	0,33	A	A	A	A	A	A	A	A
Winkel Geschwindigkeit	2,00	E	E	E							
Solar Konstante	24,13	43,50	1,17	0,60	0,04	A	A	A	A	A	A
wahre Anomalie	E	E	E								
Positionsvektor	0,38	21,00	25,67	15,00	0,10	0,12	A	A	A	A	A
Bahnstörung	0,39	2,05	1,89	0,23	A	A	A	A			
Masse	2,56	1,88	1,10	0,52	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,14	1,20	1,18	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Form	1,33	1,47	1,05	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Tiefe	1,20	1,18	1,18	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Laenge	1,20	1,18	1,18	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Oberfläche max	2,00	4,00	2,03	0,22	2,25	A	A	A	A	A	A
Volumen	1,21	1,18	1,18	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,33	4,81	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	1,12	2,22	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Wärmestrom	1,24	2,75	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,20	0,02	0,06	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,10	0,03	23,00	E	E	E	E			
Masse	2,56	1,92	1,10	0,50	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,32	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Form	1,33	1,47	1,05	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Tiefe	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Laenge	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Oberfläche max	2,00	4,18	2,23	0,20	2,25	A	A	A	A	A	A
Volumen	1,28	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,33	4,81	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	1,12	2,22	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Wärmestrom	1,24	2,75	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,20	0,02	0,06	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,10	0,03	23,00	E	E	E	E			
Masse	2,56	1,92	1,10	0,50	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,32	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Form	1,33	1,47	1,05	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Tiefe	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Laenge	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Oberfläche max	2,00	4,18	2,23	0,20	2,25	A	A	A	A	A	A
Volumen	1,28	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,33	4,81	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Emissionsleistung	0,71	1,12	2,22	0,24	0,13	0,22	A	A	A		
Wärmestrom	1,24	2,75	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,20	0,02	0,06	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,10	0,03	23,00	E	E	E	E			
Masse	2,56	1,92	1,10	0,50	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,32	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A	A	

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Form	1,33	1,47	1,05	3,50	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	4,18	2,23	0,20	2,25	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	23,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,33	4,81	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,71	1,12	2,22	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,24	2,75	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,20	0,02	0,06	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,10	0,03	23,00	E	E	E	E			
Masse	2,56	1,92	1,10	0,50	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,20	1,32	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Form	1,33	1,47	1,05	3,50	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,26	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,00	4,18	2,23	0,20	2,25	A	A	A	A	A	
Volumen	1,28	1,30	1,11	3,50	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	5,00	23,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	23,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,23	0,33	4,81	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,76	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,71	1,12	2,22	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,24	2,75	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Pointing Genauigkeit	E	E	E	E							
Datenrate	0,94	0,20	0,02	0,06	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Betriebsdauerverhältniss	0,86	0,10	0,03	23,00	E	E	E	E			
Verfügbarkeit	E	E	E	E	E	E					
Datenmenge	0,23	0,25	0,02	0,11	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Datenrate	0,03	0,19	0,12	0,15	E	E	E	E	E		
Masse	2,67	2,22	0,96	0,56	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,00	1,61	0,97	3,75	0,53	A	A	A	A		
Form	1,29	1,87	0,87	3,75	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,10	1,71	0,93	3,75	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,16	1,69	0,93	3,75	0,53	A	A	A	A		
Volumen	1,11	1,70	0,93	3,75	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	12,00	24,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	11,00	24,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	0,13	0,90	0,38	6,48	2,12	0,23	A	A	A		
Stromfluss Max	11,00	24,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,26	0,43	4,49	38,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,82	1,03	3,44	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,76	1,11	2,26	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,29	2,49	0,47	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Befehlssatz	6,60	0,30	0,01	0,29	68,00	E	E	E			
Taktrate	0,58	0,13	0,02	3,00	E	E	E	E	E		
Instruction per Cycle	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Adressbus	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Busbreite	18,00	4,40	0,08	0,01	0,29	68,00	E	E	E		
Datenmenge	0,41	0,12	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Datenrate	0,16	0,22	0,02	3,00	E	E	E	E	E		
Programmausführzeit	0,29	0,10	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	0,21	0,18	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Masse	3,89	2,11	0,92	0,56	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,52	1,54	0,93	3,75	0,53	A	A	A	A		
Form	1,94	1,79	0,83	3,75	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,65	1,64	0,89	3,75	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,74	1,61	0,89	3,75	0,53	A	A	A	A		
Volumen	1,74	1,61	0,89	3,75	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	12,00	24,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	11,00	24,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	0,13	0,90	0,38	6,48	2,12	0,23	A	A	A		
Stromfluss Max	11,00	24,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,56	0,47	4,05	38,00	0,18	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	1,03	1,07	2,78	0,24	0,08	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,97	1,14	1,81	0,24	0,08	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,86	2,48	0,40	1,25	0,18	0,23	A	A	A		
Befehlssatz	6,60	0,30	0,01	0,29	68,00	E	E	E			

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Taktrate	0,75	0,13	0,02	3,00	E	E	E	E	E		
Instruction per Cycle	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Adressbus	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Busbreite	18,00	4,40	0,08	0,01	0,29	68,00	E	E	E		
Datenmenge	0,49	0,11	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Datenrate	0,22	0,15	0,02	3,00	E	E	E	E	E		
Programmausführzeit	0,29	0,10	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Millionen Instruktionen pro Sekunde	0,21	0,18	0,02	1,00	E	E	E	E	E		
Schnittstelle											
Schreibzyklen	0,36	0,20	0,02	0,18	E	E	E	E	E		
Masse	4,44	2,04	0,89	0,60	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	2,33	1,33	0,90	5,00	0,53	A	A	A	A		
Form	2,78	1,56	0,81	5,00	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,95	1,56	0,87	5,00	0,53	A	A	A	A		
Laenge	2,50	1,41	0,87	5,00	0,53	A	A	A	A		
Querschnittsfläche Max	E	E	E	E	E	E					
Volumen	1,84	1,60	0,87	5,00	0,53	A	A	A	A		
Spannung max	15,00	31,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	15,00	31,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,92	0,42	4,06	39,00	0,18	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	1,21	1,01	3,00	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	1,08	1,09	1,96	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	2,52	2,25	0,40	1,67	0,18	0,23	A	A	A		
Bandbreite	11,00	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Abdeckung	A										
Kontaktzeit	0,25	0,18	0,03	0,12	E	E	E	E	E	E	
Datenrate	0,20	0,17	0,02	3,00	E	E	E	E	E	E	
Datenmenge	0,46	0,10	0,02	0,13	E	E	E	E	E	E	
Frequenz	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Antennengewinn	0,78	0,12	0,07	0,18	0,03	0,56	2,52	45,00	E	E	
Keulenbreite	0,21	0,22	0,14	1,00	0,18	0,03	0,56	2,27	45,67	E	E
Entfernung zur Bodenstation	3,00	23,00	14,17	24,00	0,10	0,10	A	A	A	A	A
Energie pro Bit	0,22	0,20	0,02	0,13	E	E	E	E	E	E	
EIRP	0,29	0,34	0,06	1,00	0,20	0,03	0,56	2,72	45,67	E	E
C	0,42	0,24	0,02	0,15	0,05	E	E	E	E	E	
Rauschen	1,05	0,29	0,02	1,00	0,06	0,58	1,66	5,04	4,33	E	
Eb/No	0,19	0,21	0,02	0,13	E	E	E	E	E	E	
C/No	0,20	0,21	0,02	0,13	E	E	E	E	E	E	
Elevation	1,90	10,00	0,50	0,60	0,01	0,30	3,78	3,43	0,32	0,29	A
Wirkungsgrad	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Leistungsanspruch max je Mod	9,50	27,00	E	E	E	E	E	E			
Leistungsverluste	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Querschnittsfläche Max	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Bandbreite	9,50	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Abdeckung	A										
Kontaktzeit	0,27	0,18	0,03	0,12	E	E	E	E	E	E	
Datenrate	0,17	0,19	0,02	3,00	E	E	E	E	E	E	
Datenmenge	0,68	0,16	0,02	0,07	E	E	E	E	E	E	
Frequenz	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Antennengewinn	1,75	1,82	0,02	0,04	0,06	0,58	1,66	4,69	4,00	E	
Keulenbreite	0,75	14,50	0,67	0,60	0,01	0,29	3,78	3,43	0,32	0,32	A
Entfernung zur Antenne	1,63	14,50	0,50	0,60	0,01	0,29	3,78	3,40	0,32	0,23	A
Energie pro Bit	0,22	0,19	0,03	0,13	E	E	E	E	E	E	
EIRP	0,83	0,86	1,69	0,03	0,04	0,06	0,61	1,66	5,67	4,33	E
C	0,60	0,33	0,03	1,00	0,07	0,64	1,66	7,21	6,50	E	
Rauschen	1,83	6,33	0,50	0,60	0,01	0,29	3,78	3,40	0,29	0,33	A
Eb/No	0,17	0,22	0,03	0,13	E	E	E	E	E	E	
C/No	0,15	0,23	0,03	0,13	E	E	E	E	E	E	
Elevation	1,89	11,00	0,50	0,60	0,01	0,29	3,78	3,43	0,32	0,30	A
Masse	2,56	1,85	1,14	0,32	0,53	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,09	1,53	1,04	2,25	0,53	A	A	A	A		
Form	1,39	1,81	0,93	2,25	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,14	1,65	1,00	2,25	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,19	1,62	1,00	2,25	0,53	A	A	A	A		
projizierte Fläche	7,20	8,50	1,01	0,07	2,25	A	A	A	A	A	
Volumen	1,14	1,33	1,15	2,25	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	9,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	5,00	19,00	E	E	E	E	E	E			
Strahlenbelastung max	0,10	0,04	A	A	A	A	A	A	A		
Stromfluss Max	E	E	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,28	0,34	5,08	30,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,83	1,09	2,94	0,29	0,28	A	A	A			
Emissionsleistung	0,79	1,16	1,93	0,29	0,28	A	A	A			
Wärmestrom	1,33	2,66	0,44	1,00	0,29	0,23	A	A	A		
Kurzschlußstrom	0,04	0,01	A	A	A	A	A	A	A		
Lastwiderstand											
Füllfaktor	0,03	0,01	A	A	A	A	A	A	A		
Wirkungsgrad	E	E									
Schnittstelle											
Einfallswinkel	2,73	23,00	16,40	0,10	0,12	A	A	A	A	A	

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Masse	2,40	1,37	0,86	0,22	0,29	A					
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,19	1,29	0,99	0,34	0,22	A	A				
Form	1,47	1,52	1,01	0,71	0,23	A	A	A			
Tiefe	1,25	1,36	0,96	0,34	0,22	A	A				
Laenge	1,25	1,36	0,96	0,34	0,22	A	A				
Volumen	1,32	1,34	0,96	0,34	0,22	A	A				
Leistungsanspruch max je Mod	4,00	8,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	4,00	8,00	E	E	E	E	E				
Strahlenbelastung max	A	A	A	A	A	A	A	A			
Stromfluss Max	4,00	8,00	E	E	E	E	E				
Temperatur mittel	0,39	0,34	4,51	2,29	0,08	0,22	A	A			
Absorptionsleistung	0,94	1,02	3,39	0,24	0,08	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,89	1,09	2,22	0,24	0,08	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,60	2,70	0,43	0,24	0,08	0,22	A	A			
Kapazität	0,03	0,05	0,17	37,00	E	E	E	E			
Kalenderlebensdauer	0,01	0,06	0,16	37,00	E	E	E	E			
Zykluslebensdauer	0,13	0,18	0,21	17,25	E	E	E	E			
DOD	0,03	0,05	0,16	37,00	E	E	E	E			
Energiedichte	0,13	0,27	0,48	4,75	4,33	E					
Schnittstelle											
Entladespannung	0,07	0,08	0,15	7,40	69,00	12,45	0,32	0,29	A		
Masse	2,56	2,08	1,10	0,45	0,50	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,04	1,62	1,03	2,40	0,53	A	A	A	A		
Form	1,37	1,70	0,97	2,40	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,13	1,58	1,03	2,40	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,13	1,58	1,03	2,40	0,53	A	A	A	A		
Oberfläche max	5,33	7,79	1,52	0,07	1,80	A	A	A	A	A	
Volumen	1,14	1,57	1,03	2,40	0,53	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,24	0,33	4,95	38,00	0,29	0,23	A	A	A		
Wärmestrom	1,30	2,92	0,42	1,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,77	1,04	3,39	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,66	1,14	2,31	0,24	0,13	0,22	A	A			
Reflexionsleistung	1,17	0,95	3,61	0,24	0,13	0,22	A	A			
projizierte Fläche	3,75	5,19	2,23	0,14	1,80	A	A	A	A	A	
thermische Kontaktleitfähigkeit	E	E	E	E	E	E	E				
thermischer Widerstand	E	E	E	E	E	E					
Schnittstelle											
Masse	2,88	2,18	1,10	0,44	0,50	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,05	1,41	1,10	2,80	0,53	A	A	A	A		
Form	1,29	1,53	1,04	2,80	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,16	1,37	1,10	2,80	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,16	1,37	1,10	2,80	0,53	A	A	A	A		
Oberfläche max	2,20	5,41	2,45	0,19	1,80	A	A	A	A	A	
Volumen	1,22	1,35	1,10	2,80	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	8,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	3,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	3,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,24	0,31	4,62	44,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,74	1,03	3,56	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,71	1,11	2,25	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,37	2,97	0,43	1,00	0,29	0,23	A	A	A		
Schnittstelle											
Masse	2,88	1,90	1,11	0,50	0,50	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,24	1,24	1,14	3,75	0,53	A	A	A	A		
Form	1,59	1,43	1,04	3,00	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,35	1,30	1,10	3,00	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,35	1,30	1,10	3,00	0,53	A	A	A	A		
Volumen	1,42	1,28	1,10	3,00	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	7,00	9,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	3,50	13,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	3,50	13,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,27	0,34	4,44	46,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorptionsleistung	0,79	1,02	3,61	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,76	1,09	2,29	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,42	2,79	0,42	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Gravitationsmoment	0,32	0,55	1,92	0,35	0,22	A	A				
Drehmoment	0,11	0,01	A	A	A	A	A	A			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	0,07	0,70	3,19	0,38	0,22	A	A				
Drehrate	0,16	0,01	A	A	A	A	A	A			
Nullpunktdrift	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Schnittstelle											
Masse	2,88	2,06	1,11	0,45	0,50	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E					
Breite	0,87	1,52	1,08	3,50	0,53	A	A	A	A		
Form	1,38	1,53	1,02	3,50	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,00	1,46	1,08	3,50	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,00	1,46	1,08	3,50	0,53	A	A	A	A		
Oberfläche max	3,00	5,05	2,38	0,18	2,25	A	A	A	A	A	

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Volumen	1,05	1,44	1,08	3,50	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Spannung max	3,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	3,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,24	0,31	4,76	43,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorbtionsleistung	0,74	1,02	4,00	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,71	1,11	2,33	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,37	2,92	0,43	1,25	0,29	0,23	A	A	A		
Wellenlänge											
Temperaturstabilität	E	E	E	E	E	E					
Schnittstelle											
Masse	3,50	1,65	1,09	0,63	0,50	A	A	A	A		
Housekeeping Data	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
Breite	1,33	1,16	1,18	2,50	0,53	A	A	A	A		
Form	1,41	1,53	1,03	2,50	0,53	A	A	A	A		
Tiefe	1,45	1,31	1,10	2,50	0,53	A	A	A	A		
Laenge	1,45	1,31	1,10	2,50	0,53	A	A	A	A		
Volumen	1,53	1,29	1,10	2,50	0,53	A	A	A	A		
Leistungsanspruch max je Mod	7,50	8,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	4,00	13,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	4,00	13,00	E	E	E	E	E	E			
Temperatur mittel	0,28	0,35	4,28	45,00	0,29	0,23	A	A	A		
Absorbtionsleistung	0,82	1,02	3,56	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	0,78	1,10	2,17	0,24	0,13	0,22	A	A			
Wärmestrom	1,37	2,67	0,43	0,83	0,29	0,23	A	A	A		
Gravitationsmoment	0,32	0,55	1,92	0,35	0,22	A	A				
Drehmoment	0,03	0,03	A	A	A	A	A	A			
Strahlungsdruck-Störbeschleunigung	0,09	0,69	3,19	0,38	0,22	A	A				
Drehimpuls	0,03	0,03	A	A	A	A	A	A			
Winkelgeschwindigkeiten	0,16	0,01	A	A	A	A	A	A			
Drallkapazität	0,02	0,06	A	A	A	A					
SIMK	A	A	A	A	A	A	A				
Massenschwerpunkt											
Housekeeping Data	0,12	0,24	0,13	0,08	0,56	2,19	45,67	E	E		
Masse	0,15	0,67	7,67	0,38	0,22	A	A				
Breite	0,15	0,66	13,00	0,82	0,23	A	A	A			
Form	0,13	0,71	7,58	0,35	0,22	A	A				
Tiefe	0,13	0,71	7,58	0,35	0,22	A	A				
Laenge	1,07	1,01	1,37	1,08	0,53	A	A	A			
Oberfläche max	0,14	0,95	6,42	0,35	0,22	A	A				
Volumen	0,11	1,01	6,07	0,35	0,22	A	A				
Lasten max dynamisch	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,47	0,43	1,41	7,83	0,29	0,23	A	A	A		
Wärmestrom	1,35	1,05	1,78	0,22	0,13	0,22	A	A			
Thermische Ausdehnung											
Schnittstelle	A	A	A	A	A	A	A				
Margin of Safety	A	A	A	A	A	A	A	A			
Absorbtionsleistung	0,13	0,36	8,16	0,82	0,28	A	A	A			
Emissionsleistung	2,45	1,46	0,62	0,26	0,28	A	A	A			
Masse	E	E	E	E	E						
Housekeeping Data	0,54	0,15	0,11	0,17	0,58	1,66	4,42	4,33	E		
Breite	1,10	0,49	3,93	0,83	0,23	A	A	A			
Form	1,04	0,48	4,46	0,83	0,23	A	A	A			
Tiefe	1,04	0,48	4,46	0,83	0,23	A	A	A			
Laenge	3,00	0,61	1,83	0,79	0,23	A	A	A			
Oberfläche max	0,55	0,52	4,19	1,61	0,23	A	A	A			
Volumen	12,00	83,00	E	E	E						
Leistungsanspruch max je Mod	4,50	8,00	E	E	E	E	E				
Spannung max	3,50	8,00	E	E	E	E	E	E			
Stromfluss Max	0,19	0,05	0,55	37,00	4,06	3,35	0,32	0,29	A		
Temperatur mittel	0,26	0,28	11,73	2,71	0,13	0,22	A	A			
Absorbtionsleistung	0,68	1,12	2,21	0,24	0,13	0,22	A	A			
Emissionsleistung	1,42	2,92	0,42	0,67	0,29	0,23	A	A	A		
Wärmestrom	1,73	1,34	0,79	0,28	0,13	0,22	A	A			
Triebweksschub	2,50	1,43	0,85	0,58	A	A	A	A			
spezifischer Impuls	0,54	1,21	1,40	0,28	A	A	A				
Geschwindigkeitsbedarf	3,83	4,02	0,53	0,20	A	A	A	A			
Massenfluß	0,94	1,39	0,86	0,27	A	A	A				
Treibstoffmasse	E	E	E	E	E						
Schnittstelle	A	A	A	A	A	A	A				
Startmasse	0,88	0,48	1,95	0,36	0,27	A	A				
Masse	E	E	E	E	E						
Housekeeping Data	0,48	0,15	0,11	0,17	0,58	1,66	4,42	4,33	E		
Breite	0,85	0,58	4,29	0,83	0,23	A	A	A			
Dichte	2,13	1,18	0,78	0,28	0,23	A	A	A			
Form	0,92	0,57	4,29	0,83	0,23	A	A	A			
Tiefe	0,89	0,57	4,29	0,83	0,23	A	A	A			
Laenge	2,40	0,73	1,69	0,79	0,23	A	A	A			
Oberfläche max	0,60	0,59	4,40	0,83	0,23	A	A	A			
Volumen	0,67	0,62	3,66	15,00	0,53	A	A	A	A		
Temperatur mittel	0,30	0,35	15,91	1,82	0,13	0,22	A	A			
Absorbtionsleistung	0,70	1,20	1,85	0,24	0,13	0,22	A	A			

continued on next page

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Emissionsleistung	1,53	3,01	0,33	0,80	0,29	0,23	A	A	A		
Wärmestrom	1,22	1,56	0,49	0,12	0,12	0,29	A				
Treibstoffmasse	0,83	0,51	6,12	0,88	0,28	A	A	A			
Betriebsdruck	E	E	E	E	E	E					